

BE-208

BERICHTE

**INHALTSSTOFFE VON PM 10- UND
PM 2,5 AN ZWEI
MESSSTATIONEN**

**INHALTSSTOFFE VON PM 10- UND PM 2,5-
AN ZWEI
MESSSTATIONEN**

Jürgen SCHNEIDER
Gundi LORBEER

BE-208

Wien, Juni 2002

Projektleitung

Gundi Lorbeer

Autor

Jürgen Schneider

Gundi Lorbeer

Projektmitarbeiter

Die Mitarbeiter der Analytik-Abteilungen und der Abteilung Lufthygiene des Umweltbundesamtes.

Weitere Informationen zu Publikationen des Umweltbundesamtes finden Sie unter: <http://www.ubavie.gv.at>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien
Eigenvervielfältigung

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, Juni 2002
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-649-8

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	2
EXECUTIVE SUMMARY	5
1 EINLEITUNG	8
1.1 Gesundheitliche Relevanz	8
1.2 Messverfahren zur Ermittlung der Schwebstaubbelastung	8
1.3 Neue rechtliche Regelungen	9
1.4 Quellen der Staubbelastung	10
2 ZIELE DES MESSPROGRAMMS	11
3 ERGEBNISSE	13
3.1 Spittelauer Lände	13
3.1.1 Partikelmasse	13
3.1.2 Chemische Zusammensetzung der PM-Fraktion	14
3.1.3 Zeitlicher Verlauf	18
3.2 Illmitz	24
3.2.1 Partikelmasse	24
3.2.2 Chemische Zusammensetzung der PM-Fraktionen	27
3.2.3 Zeitlicher Verlauf	29
3.3 Vergleich Spittelauer Lände – Illmitz	33
3.3.1 Partikelmasse	33
3.3.2 Vergleich mit Grenz- und Richtwerten	36
3.3.3 Vergleich einzelner Komponenten	36
4 ÜBERSICHT ALLER ERHALTENEN DATEN	46
4.1 Ergebnisse aus Illmitz – PM 10	46
4.2 Ergebnisse aus Illmitz – PM 2,5	50
4.3 Ergebnisse von der Spittelauer Lände – PM 10	54
4.4 Ergebnisse von der Spittelauer Lände – PM 2,5	58
5 LITERATURHINWEISE	62
6 GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN	63
ANNEX	64
Beschreibung der Messstellen	64
Probenahme, Transport und Lagerung	66
Analysen	66

ZUSAMMENFASSUNG

Das Umweltbundesamt hat über den Zeitraum von Oktober 1999 bis Oktober 2000 eine umfangreiche Messkampagne zur Ermittlung der Belastung der PM 10- und der PM 2,5-Konzentration an zwei Messstellen durchgeführt. Dabei wurde nicht nur die Partikelmasse gravimetrisch bestimmt, sondern auch die folgenden Inhaltsstoffe chemisch analysiert: Elementarer und gesamter Kohlenstoff, Nitrat, Sulfat und Ammonium, einige Metalle (Blei, Cadmium, Arsen, Eisen und Nickel) sowie die Komponenten Chlorid, Natrium, Kalium, Magnesium und Kalzium. Für diese Analysen wurden jeden 6. Tag Tagesproben mit Hilfe von High Volume Samplern gesammelt. Ziel der Messungen war es, Aufschluss über Zusammensetzung (und damit auch Hinweise über die Herkunft) der ermittelten Schwebstaubbelastung zu erhalten. Als Standorte für die Kampagne wurden ein innerstädtischer, verkehrsnaher Messpunkt (Spittelauer Lände 5 in 1090 Wien) sowie eine Hintergrundmessstelle in Illmitz (Burgenland) gewählt.

An der Messstelle Spittelauer Lände wurden hohe Belastungen ermittelt. Die PM 10-Belastung lag im Mittel über den Gesamtzeitraum¹ der Kampagne bei $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und damit weit über dem im Juli 2001 durch die Novelle zum Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L, BGBl. I Nr. 115/97 idF. BGBl. I Nr. 62/2001) in Kraft getretenen Grenzwert für diese Komponente ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert). Die durchschnittliche PM 2,5-Belastung lag bei $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und damit im Schnitt bei knapp über 70 % der PM 10-Belastung.

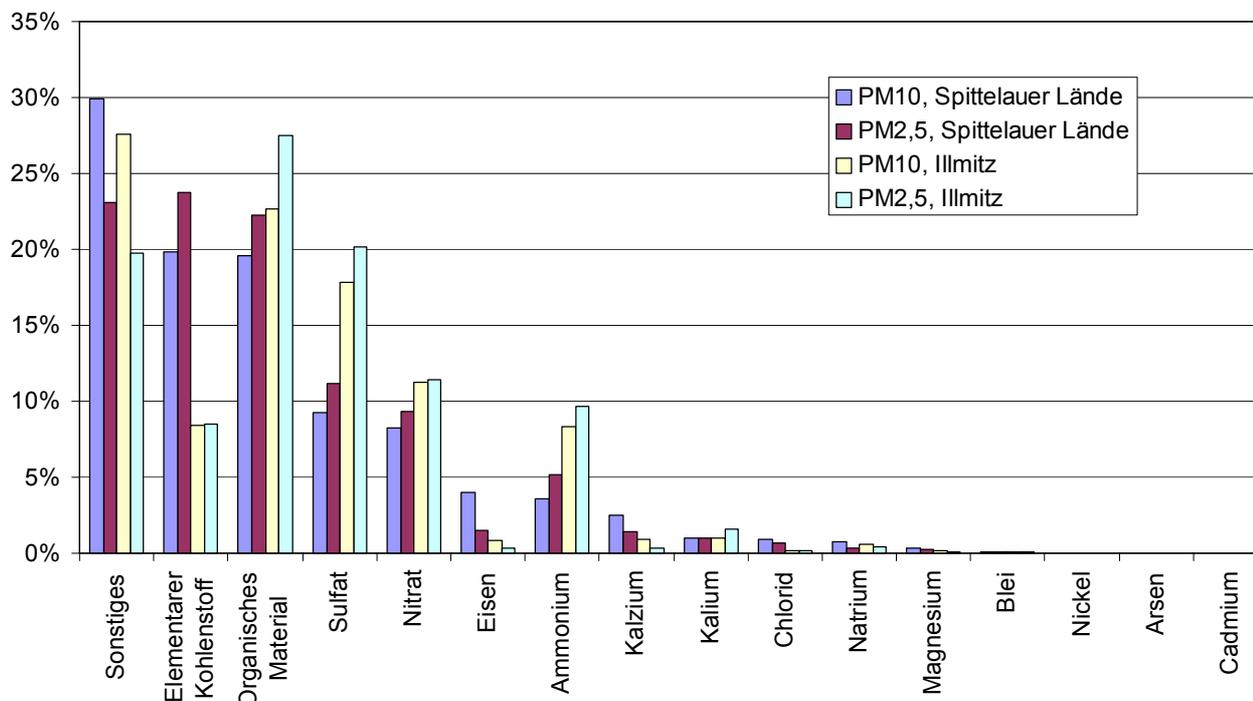
Illmitz hat ein wesentlich niedrigeres Belastungsniveau. Die durchschnittliche PM 10-Belastung lag mit $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht einmal halb so hoch wie an der Spittelauer Lände, und jene für PM 2,5 bei knapp $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Für einige der analysierten Schwermetalle wurden Grenzwerte (Blei) festgesetzt bzw. wird die Festlegung von Grenzwerten diskutiert (Ni, As und Cd). Die in der Messkampagne ermittelten Konzentrationen lagen z.T. deutlich unter den entsprechenden Werten.

Der mittlere Beitrag einzelner Komponenten zur Gesamtmasse ist in *Abbildung 1* dargestellt. Unter der Kategorie ‚Sonstiges‘ ist die Differenz der gravimetrisch bestimmten Masse sowie der Summe der analytisch erfassten Einzelkomponenten angeführt. Hierbei handelt es sich um Staubinhaltsstoffe, die nicht Teil des analytischen Programms waren. Dazu gehören etwa (Si- und Al-hältige) mineralische Verbindungen, aber auch Wasser.

¹ Wobei zu berücksichtigen ist, dass nur jeden 6. Tag eine Messung erfolgte

Abbildung 1: Beitrag verschiedener Komponenten zur Gesamtmasse der PM 10- bzw. PM 2,5-Belastung an der Spittelauer Lände sowie in Illmitz



Bei der PM 10-Belastung an der Spittelauer Lände tragen kohlenstoffhaltige Verbindungen etwa 40 % zur Gesamtmasse bei, wobei jeweils etwa die Hälfte davon auf organischen bzw. elementarem Kohlenstoff fällt. Ammonium, Sulfat und Nitrat machen etwa 20 % der Gesamtmasse aus. Der Anteil an nicht analysiertem Material beträgt etwa 30 %, wobei hier in erster Linie Straßenabrieb und resuspendierter Staub Hauptbestandteile sein dürften. Dieser ist eher in der grobkörnigen Fraktion zu finden, was an dem geringeren Anteil von ‚Sonstiges‘ am PM 2,5 zu sehen ist. In der PM 2,5-Fraktion ist elementarer Kohlenstoff jene Komponente, die mit knapp 25 % am meisten zur Gesamtmasse beiträgt, gefolgt von ‚Sonstiges‘ und organischem Material. Ammonium, Sulfat und Nitrat tragen etwa 25 % zur Gesamtmasse bei.

In Illmitz ist der Anteil an organischem Material an der Gesamtmasse von PM 10 und PM 2,5 etwas höher als an der Spittelauer Lände, wohingegen der Anteil an elementarem Kohlenstoff deutlich geringer ist. Ammonium, Sulfat und Nitrat tragen etwa 40 % zur Gesamtmasse bei.

Aus dem Vergleich der Anteile der verschiedenen Inhaltsstoffe in der PM 10- bzw. der PM 2,5-Fraktion lassen sich folgende Rückschlüsse ziehen:

Die Inhaltsstoffe Eisen, Kalzium, Magnesium, Natrium, Chlorid und ‚Sonstiges‘ finden sich bevorzugt in der ‚groben‘ Fraktion. Hier handelt es sich zumindest teilweise um Inhaltsstoffe, die durch mechanische Prozesse aus Straßenabrieb, Erosion etc. freigesetzt wurden bzw. auf den Einsatz von Streusalz bzw. auf die Straßenstreuung zurückzuführen sind.

Ammonium, Sulfat und Nitrat, elementarer Kohlenstoff sowie organisches Material finden sich bevorzugt in der PM 2,5-Fraktion. Die drei erstgenannten Verbindungen werden nicht direkt emittiert, sondern entstehen in der Atmosphäre aus den direkt emittierten Vorläufersubstanzen NH_3 , SO_2 und NO_x und können einem weiträumigen Transport unterliegen. Elementarer Kohlenstoff wird als Nebenprodukt unvollständiger Verbrennung direkt emittiert, u.a. durch den Kfz-Verkehr (Dieselruß). Organisches Material umfasst eine Reihe unterschiedlicher organischer Verbindungen, die z.T. direkt emittiert werden bzw. aus Vorläufersubstanzen in der Atmosphäre entstehen. Die Gruppe umfasst einerseits anthropogene, aber auch biogen emittierte Verbindungen.

Generell sind im Winter (u.a. auf Grund der öfter ungünstigen Ausbreitungsbedingungen) im Schnitt höhere Konzentrationen als im Sommer zu beobachten. Bei einigen Komponenten sind diese Unterschiede besonders ausgeprägt. Dies trifft insbesondere für Nitrat zu, bei dem im Sommer auf Grund der hohen Flüchtigkeit von Ammoniumnitrat um einen Faktor 10 niedrigere Konzentrationen als im Winter auftreten. An der Messstelle Spittelauer Lände ist der *relative* Anteil von elementarem Kohlenstoff im Sommer höher als im Winter, wohingegen organisches Material an der Spittelauer Lände und in Illmitz im Winter in deutlich höheren Konzentrationen als im Sommer auftritt. Eine Ursache hierfür könnte die Flüchtigkeit bestimmter organischer Verbindungen sein, wodurch diese im Sommer nicht mit der Partikelphase assoziiert sind. Eine genauere Interpretation ist jedoch schwierig, da nicht bekannt ist welche Verbindungen zum organischen Kohlenstoff wie stark beitragen.

Aus den Verhältnissen der Konzentrationen in Illmitz bzw. der Spittelauer Lände lassen sich erste Rückschlüsse auf die räumliche Verteilung und indirekt auf die Quellen der einzelnen Komponenten ziehen.

Sulfat tritt großräumig in einheitlichen Konzentrationen auf. Über den gesamten Verlauf der Kampagne traten in Illmitz sowie der Spittelauer Lände praktisch idente Konzentrationen auf. Lokale (Wiener) Quellen tragen somit praktisch nicht zur Sulfatbelastung bei.

Die **Nitratbelastung** ist in Wien im Schnitt um etwa 50 % höher als in Illmitz. Dies legt den Schluss nahe, dass zumindest zwei Drittel der in Wien verkehrsnah gemessenen Belastung auf großräumige Vorbelastung zurückzuführen ist². Der Rest dürfte auf NO_x -Emissionen im Großraum Wien zurückzuführen sein, welches in luftchemischen Prozessen zu Nitrat oxidiert werden kann.

Ammonium tritt in erster Linie als Gegenion zu Sulfat bzw. Nitrat auf.

Die Konzentrationen an **elementarem Kohlenstoff** sind an der Spittelauer Lände mehr als fünfmal so hoch wie in Illmitz. Wichtigste Quelle an der Wiener Messstelle ist der Kfz-Verkehr. Weit weniger hoch sind die Unterschiede bei **organischem Material**; in Illmitz werden immerhin im Schnitt etwa 60 % der Belastung von der Spittelauer Lände erfasst. Der übrige Anteil dürfte in erster Linie verkehrsbedingt sein.

Eisen, Kalzium und Magnesium treten an der Spittelauer Lände in deutlich höheren Konzentrationen als in Illmitz auf. Quelle dürfte Straßenabrieb bzw. die Wiederaufwirbelung sein.

Erhöhte Belastung an **Natrium** und **Chlorid** treten an der Spittelauer Lände nach dem Einsatz von Streusalz auf.

Die **Bleibelastung** ist an der Spittelauer Lände etwa doppelt so hoch wie in Illmitz. Wichtigste Quelle am erstgenannten Standort dürfte der Verkehr sein. Die **Nickelbelastung** ist an der Spittelauer Lände etwa doppelt so hoch wie in Illmitz, die Konzentration an **Arsen** und **Cadmium** an beiden Standorten etwa gleich hoch.

² Die NO_x -Belastung an der verkehrsnahen Wiener Messstelle Hietzinger Kai ist im Vergleich mehr als 20-mal höher als in Illmitz.

EXECUTIVE SUMMARY

The chemical composition of PM10 and PM2.5 samples was analysed during a measurement campaign from Oct. 1999 until Oct. 2000. Sampling was performed every sixth day at two sites, using high volume samplers equipped with PM 10 and PM2.5 inlets, respectively. The programme included the gravimetric determination of total mass with subsequent chemical analysis of elemental carbon, organic carbon, nitrate, sulphate, ammonium, selected metals (Pb, Cd, Ni, As and Fe) and the following inorganic ions: chloride, potassium, sodium, magnesium and calcium.

Sampling was performed in Illmitz (Burgenland) and in Vienna, Spittelauer Lände. Illmitz is a rural background site in the Eastern part of Austria, which is also part of the Austrian EMEP monitoring network. Spittelauer Lände is an urban traffic related site in the 9th district of Vienna.

The average PM10 level over the whole period of the measurement campaign was 53 µg/m³ at the monitoring site Spittelauer Lände. This level is higher than the sum of limit value (40 µg/m³) and margin of tolerance (2001: 8 µg/m³) defined in the first air quality daughter directive (1999/30/EC) for PM10. However, it has to be noted that sampling was only performed every sixth day and the provisions of the mentioned directive were not in force at the time of the monitoring campaign. The PM 2,5 concentration was on average 30 % lower than PM 10 (mean of 38 µg/m³).

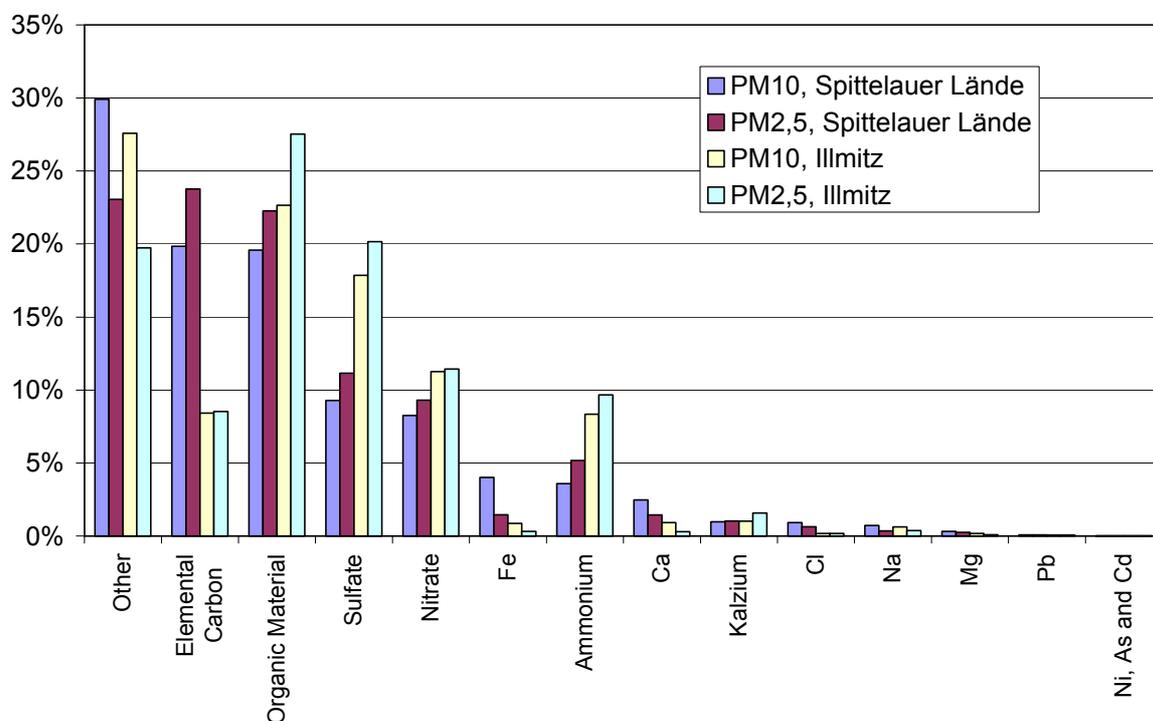
Average PM levels in Illmitz were significantly lower – 24 µg/m³ for PM10, 20 µg/m³ for PM2.5.

The limit values for lead (0,5 µg/m³; defined in EC Directive 1999/30/EC) and the guideline values for arsenic, cadmium and nickel (EC Position Paper for Ni, As and Cd³) were not exceeded.

The average chemical composition of the PM10 and PM2.5 fractions in Illmitz and at the site Spittelauer Lände is shown in *Figure 1*. The unidentified fraction is named 'Other' in figure 1 and is defined as the difference of the total mass as obtained by gravimetric determination and the sum of the single compounds as determined by chemical analysis. This fraction contains compounds which were not part of the analytical programme, such as water and certain geogenic materials (in particular Si and Al).

³ http://www.europa.eu.int/comm/environment/air/pp_as_cd_ni.pdf

Figure 1: Contribution of different compounds to the total mass of PM10 and PM2.5 in Illmitz and at Spittelauer Lände, respectively



Elemental carbon and organic material each contribute around 20 % to the total PM10 mass at Spittelauer Lände. Nitrate, sulphate and ammonium (summarised as Secondary Inorganic Aerosols, SIA) amount for another 20 %. The not identified fraction (called 'other') contributes 30 %. This contribution is larger in the coarse fraction (PM10 – PM2.5) and is most probably at least partly composed of road abrasion and re-suspended dust. The largest single compound of PM2.5 is elemental carbon, followed by 'other' and organic material. SIA contributes approximately one fourth to the total PM2.5 mass.

In Illmitz, the relative contribution of organic material to the total PM2.5 and PM10 mass is larger than at Spittelauer Lände. However, the content of elemental carbon is much smaller. SIA contribute around 40 % to the total PM mass.

Iron, calcium, magnesium, sodium, chloride and 'other' are enriched in the coarse fraction. These compounds originate presumably from materials like soils and roads, which have been disrupted by mechanic processes like erosion, crushing, grinding and abrasion.

SIA and carbonaceous compounds are found predominantly in the PM2.5 fraction. SIA originates from emissions of precursor gases ammonia, SO₂ and NO_x and can be transported over large distances. Elemental carbon is a by-product of combustion processes. Organic material is either emitted directly as a by-product of combustion processes or is formed secondarily in the atmosphere from VOCs (Volatile organic compounds) and SVOCs (semivolatile organic compounds).

PM concentrations are in winter generally higher than in summer, partly due to the more frequent occurrence of adverse dispersion conditions (e.g., inversions) in winter. Nitrate concentrations were in summer a factor 10 lower than in winter, mainly due to the fact that particle-bound ammoniumnitrate dissociates into gaseous nitric acid and ammonia at higher temperatures. Concentrations of organic material were also higher in winter, while elemental

carbon showed almost no seasonal variation. In contrast, the unidentified components ('other') were significantly higher in summer.

Comparing the concentrations in Illmitz and at the Spittelauer Lände, the following conclusions were derived:

Sulphate concentrations are very evenly over large areas. Concentrations measured in Illmitz and at Spittelauer Lände were most of the time almost identically, indicating that local SO₂ sources in Vienna contribute only negligible to sulphate concentrations.

Nitrate shows a similar temporal pattern in Illmitz and at Spittelauer Lände, but is on average 50 % higher in Vienna. This indicates that approximately two thirds of the nitrate levels measured in Vienna can be explained by large scale background. The remaining third originates most probably from Viennese NO_x emissions, which are subsequently oxidised to nitrate.

Elemental carbon (EC) concentrations are five times higher at Spittelauer Lände compared to Illmitz. The most important source of EC at the traffic related site in Vienna are tail pipe emissions from (diesel) vehicles.

Organic Matter (OM) levels are in Illmitz on average only 40 % lower than at Spittelauer Lände, indicating a high background level of OM. The higher levels in Vienna can largely be attributed to traffic emissions, which contribute on top of the regional background.

Fe, Ca and Mg can be found at much higher levels at Spittelauer Lände compared to Illmitz. The main sources are abrasion of iron containing tracks (from subways and trams), road abrasion and re-suspension from traffic.

Elevated levels of **Na** and **Cl** can be found at Spittelauer Lände occasionally in winter, as a consequence of the use of thawing salt.

Pb and **Ni** levels are in Illmitz on average 50 % lower than at Spittelauer Lände. Main source are presumably traffic (lead) and combustion of liquid fuels (Ni). **As** and **Cd** levels are similar in Illmitz and at Spittelauer Lände and are therefore presumably caused by long range transport.

1 EINLEITUNG

1.1 Gesundheitliche Relevanz

In den letzten Jahren konnte innerhalb von zahlreichen (meist epidemiologischen) Studien eine Korrelation der Exposition gegenüber Schwebestaub (PM: Particulate Matter) mit diversen gesundheitlichen Auswirkungen nachgewiesen werden.

In epidemiologischen Studien wird die Korrelation verschiedener medizinischer Parameter wie etwa die Häufung von Krankenhauseinweisungen oder Todesfällen mit Umgebungseinflussgrößen wie etwa dem Anstieg der Schadstoffexposition untersucht. Derartige Studien sind deshalb von hoher Aussagekraft, da

- *die Exposition der Bevölkerung unter ‚realen‘ Bedingungen stattfindet. Dies unterscheidet sie von toxikologischen Studien, in denen die Reaktion eines kleinen Probandenpools bei Exposition gegenüber nur einem einzelnen Schadstoff, der überdies in hohen Konzentrationen vorliegt, getestet wird.*
- *sehr große Kollektive erfasst werden können.*

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat daraufhin eine Metaanalyse aller Studien durchgeführt und die entsprechenden Zusammenhänge in Form von Dosis-Wirkungsbeziehungen in ihrer Revision der Air Quality Guidelines zusammengefasst (<http://www.who.nl/index1.htm>), obwohl auch dargelegt wird, dass die genauen Mechanismen der Einwirkung noch nicht ausreichend geklärt sind.

Eine Umlegung der WHO-Ergebnisse auf Europa legt nahe, dass mehr als zehntausend Todesfälle im Jahr in Europa mit der Schwebestaubbelastung in Zusammenhang stehen. Für Österreich, die Schweiz und Frankreich wurden genauere Zahlen im Rahmen einer WHO-Studie erhoben, Details dazu siehe: <http://www.who.dk/london99/transport04.htm> sowie Künzli et al., 2000).

1.2 Messverfahren zur Ermittlung der Schwebestaubbelastung

Ein weiterer Grund dafür, dass die Messung und Bewertung der Schwebestaubbelastung erst in den letzten Jahren wieder in den Mittelpunkt des Immissionsschutzes gerückt ist, liegt in den Problemen, die mit der Bestimmung von Emission und Immission von Schwebestaub verbunden sind (siehe etwa Diskussion im 6. Umweltkontrollbericht des Umweltbundesamtes: http://www.ubavie.gv.at/publikationen/diverse/ukb6/02_luft.pdf; UBA (2001)). Im Gegensatz zu den klassischen gasförmigen Luftverunreinigungen wie etwa Kohlenmonoxid oder SO₂ ist Schwebestaub ein komplexes, heterogenes Gemisch, das sich hinsichtlich seiner Größe, Form, Farbe, chemischen Zusammensetzung, physikalischen Eigenschaften und seiner Herkunft bzw. Entstehung unterscheidet. Erst in den letzten Jahren wurde versucht, unterschiedliche Messverfahren weiterzuentwickeln und international zu normieren, um eine adäquate und einheitliche Erfassung der Schwebestaubbelastung herbeizuführen.

Mit Hilfe der gängigsten, derzeit routinemäßig eingesetzten Verfahren wird die Masse von bestimmten Staubfraktionen in einem definierten Luftvolumen ermittelt. Diese Staubfraktionen werden üblicherweise über die Größenverteilung der erfassten Partikel definiert. Die Größe der Partikel ist auch aus hygienischer Sicht von großer Bedeutung, da sie die Eindringtiefe in den Atemwegstrakt bestimmt. Die gängigsten Messgrößen werden in *Tabelle 1* zusammengefasst.

Tabelle 1: Größen zur Erfassung der Schwebstaubbelastung

Bezeichnung	Beschreibung
Gesamtschwebstaub (TSP)	Als Gesamtschwebstaub (Total suspended particulates = TSP) wird die mit konventionellen Sammlern gemessene Schwebstaubkonzentration bezeichnet. Dabei wird ein Großteil der luftgetragenen Partikel erfasst.
PM 10	Bei PM 10-Messverfahren ist das Ziel, eine Sammelcharakteristik zu verwirklichen, welche der thorakalen Fraktion (jener Masseanteil einatembarer Partikel, der über den Kehlkopf hinausgeht) entspricht. Bei diesem Verfahren sollen <i>per definitionem</i> 50 % der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm erfasst werden; bei größeren Partikeln wird der gesammelte Anteil deutlich geringer, bei kleineren höher. Die derart bestimmte Staubfraktion ist eine Teilmenge des TSP.
PM 2,5	Bei diesem Verfahren sollen <i>per definitionem</i> 50 % der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm erfasst werden (der etwa dem Anteil entspricht, der bis in die Alveolen gelangt) bei größeren Partikeln wird der gesammelte Anteil deutlich geringer, bei kleineren höher. Die derart bestimmte Staubfraktion ist eine Teilmenge des PM 10 und sollte weitgehend der alveolengängigen Fraktion entsprechen.

1.3 Neue rechtliche Regelungen

Auf Grund der in Abschnitt 1.1 genannten Erkenntnisse hat die Europäische Kommission zur Begrenzung des gesundheitlichen Risikos durch die Exposition gegenüber Schwebstaub verbindliche Immissionsgrenzwerte für die Feinstaubbelastung (gemessen als PM 10) vorgeschlagen. Eine entsprechende EG-Richtlinie 1999/30/EG ist 1999 in Kraft getreten (und musste bis Sommer 2001 von allen EU-Mitgliedstaaten in nationales Recht umgesetzt werden). Die Richtlinie enthält für PM 10 einerseits verbindliche Immissionsgrenzwerte, die spätestens 2005 einzuhalten sind, andererseits strengere, indikative Werte, die bis 2010 anzustreben sind. Weiters ist vorgesehen, dass innerhalb eines Reviews u.a. zu prüfen ist, ob zusätzlich zu den Immissionsgrenzwerten für PM 10 auch Grenzwerte für PM 2,5 festzulegen sind. Um die dafür benötigten Informationen über die PM 2,5-Belastung zu erlangen, ist auch die Messung der PM 2,5-Konzentration an repräsentativen Standorten vorgesehen.

In Österreich wurde die genannte Richtlinie im Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L; BGBl. I Nr. 115/97) durch die Novelle BGBl. I Nr. 62/2001 sowie die Messkonzept-Verordnung zum IG-L (BGBl. 358/98, in der Fassung BGBl. II Nr. 2001/344) umgesetzt. Damit gelten seit Juli 2001 die in *Tabelle 2* angeführten Schwebstaubgrenzwerte in Österreich.

Tabelle 2: Schwebestaubgrenz- und -zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit gemäß IG-L

Messgrösse	Konzentration	Mittelungszeit	Anmerkung
TSP ⁴	150 µg/m ³	Tagesmittelwert	Grenzwert
PM 10	50 µg/m ³	Tagesmittelwert; pro Kalenderjahr ist die folgende Zahl von Überschreitungen zulässig: bis 2004: 35, von 2005 bis 2009: 30, ab 2010: 25	Grenzwert
PM 10	40 µg/m ³	Jahresmittelwert	Grenzwert
PM 10	50 µg/m ³	Tagesmittelwert; pro Kalenderjahr sind 7 Überschreitungen zulässig	Zielwert
PM 10	20 µg/m ³	Jahresmittelwert	Zielwert

1.4 Quellen der Staubbelastung

Die atmosphärische Schwebstaubbelastung hat verschiedene Quellen. Grundsätzlich kann zwischen primären und sekundären Partikeln unterschieden werden. Erstere werden als primäre Emissionen direkt in die Atmosphäre abgegeben, letztere entstehen durch luftchemische Prozesse aus gasförmig emittierten Vorläufersubstanzen. Die bedeutendsten Vorläufersubstanzen sind einerseits Ammoniak, Schwefeldioxid und Stickstoffoxide, die anorganisches Ammoniumnitrat bzw. Ammoniumsulfat bilden, andererseits flüchtige bzw. halbflüchtige organische Verbindungen (VOC bzw. SVOC). Für SO₂, NO_x und NH₃ liegen aktuelle Emissionsinventuren vor, ebenso für VOC. Von letzterer Gruppe sind allerdings nur die Gesamtemissionen bekannt. Zur Partikelbildung dürften nur bestimmte Vertreter der VOC beitragen. Das Umweltbundesamt hat erstmals eine umfassende Emissionsinventur für Gesamtschwebstaub, PM 10 und PM 2,5 erstellt. Innerhalb dieser Inventur werden die wichtigsten Quellen für primär emittierten Schwebstaub ermittelt. Die Inventur enthält jedoch keine Angaben über die chemische Zusammensetzung der emittierten Partikel (UBA, 2002).

⁴ Dieser Wert tritt mit 31.12.2004 außer Kraft.

2 ZIELE DES MESSPROGRAMMS

Wie bereits in Abschnitt 1.2 angeführt, ist Schwebestaub ein komplexes, heterogenes Gemisch aus verschiedensten nicht-gasförmigen Bestandteilen. Mit den gängigen Messverfahren wird deren Masse bestimmt, nicht jedoch deren chemische Zusammensetzung. Ohne deren Kenntnis können jedoch i.A. keine Aussagen über Herkunft bzw. Entstehung der Schwebestaubbelastung gegeben werden. Die Kenntnis der Ursachen der Belastung ist jedoch notwendig, um zielgerichtete, effiziente Maßnahmen zu deren Reduktion planen und umsetzen zu können.

Um im Vorfeld der Umsetzung der in 1.3 genannten Regelungen umfassendere Informationen zu erhalten, wurde vom Umweltbundesamt eine Messkampagne initiiert, innerhalb derer über einen Zeitraum von einem Jahr stichprobenartig die PM 10- und die PM 2,5-Konzentration gemessen und die Zusammensetzung der gesammelten Staubfraktionen bestimmt wurde.

Als Standorte wurden

- Wien, Spittelauer Lände, als innerstädtischer, verkehrsbelasteter Standort
sowie
- Illmitz (Burgenland) als Hintergrundstandort

ausgesucht. Durch die Auswahl sollte auch ein Vergleich von standortspezifischen Belastungsmustern ermöglicht werden.

Folgende Parameter wurden bestimmt:

- **Gesamtmasse**; diese Größe ist, wie erwähnt, schon deshalb von hoher Bedeutung, da einschlägige Grenzwertregelungen auf eine Messung und Bewertung der Masse abzielen.
- Gehalt an **elementarem** und **organischem Kohlenstoff**; elementarer Kohlenstoff wird primär emittiert und entsteht durch unvollständige Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen. Organischer Kohlenstoff umfasst eine Reihe unterschiedlicher Verbindungen, die entweder primär emittiert werden können (etwa bei Verbrennungsvorgängen), oder aber auch erst in der Atmosphäre durch luftchemische Prozesse aus flüchtigen organischen Verbindungen gebildet werden.
- **Organische Substanz (Organic matter OM)**: für die Massenbilanz ist es wichtig, dass auch Heteroelemente, die Bestandteil organischer Verbindungen sind (in erster Linie N, H und O, aber auch andere), berücksichtigt werden. Dafür wird der Anteil an organischem Kohlenstoff mit einem ‚Korrekturfaktor‘ von 1,4 multipliziert. Dieser Wert wird etwa im Manual von EMEP (<http://www.emep.int>) empfohlen und in ähnlichen Studien herangezogen (GEHRIG et al., 2000).
- **Schwermetalle**; Schwermetalle sind einerseits von Interesse, da einige Elemente per se gesundheitsgefährdende Eigenschaften besitzen (WHO, 2000); andererseits können bestimmte Metalle u.U. als Indikator für die Herkunft der Staubbelastung dienen. **Eisen** (Fe) ist im Allgemeinen ein Indikator für Mineralstaub, spezifische lokale Emissionen (etwa Abrieb von Schienen) können jedoch erhöhte Konzentrationen zur Folge haben. **Nickel** (Ni) ist ein Indikator für die Verbrennung von Heizölen, **Arsen** (As) für Kohle und die Abfallverbrennung.

- Die Inhaltsstoffe **Nitrat, Sulfat und Ammonium** tragen oft einen signifikanten Anteil zur Gesamtpartikelmasse bei, insbesondere auch an Hintergrundstandorten. Die genannten Verbindungen werden, wie bereits erwähnt, nicht direkt emittiert, sondern entstehen erst in der Atmosphäre aus den Vorläufersubstanzen NO_x, SO₂, und Ammoniak.
- **Natrium (Na), Kalzium (Ca), Magnesium (Mg) und Kalium (K)** sowie **Chlorid (Cl)** tragen unter bestimmten Bedingungen einen signifikanten Beitrag zur Staubbelastung bei. Na und Cl treten beim Einsatz von Streusalz in stark erhöhten Konzentrationen auf. Ca und Mg sind Indikatoren für Straßenabrieb bzw. Mineralstaub.

Eine detaillierte Beschreibung der Standorte und der eingesetzten Probenahme- und Analyseverfahren findet sich im Anhang.

Auf Grund des hohen Aufwands, der vor allem mit den chemischen Analysen der Proben verbunden ist, wurde nicht jeden Tag eine Probe gesammelt und analysiert, sondern nur jeden 6. Tag. Dadurch steigt die Gesamtunsicherheit der berechneten Messperioden-Mittelwerte, wichtige Schlussfolgerungen können nichtsdestotrotz gezogen werden.

3 ERGEBNISSE

3.1 Spittelauer Lände

3.1.1 Partikelmasse

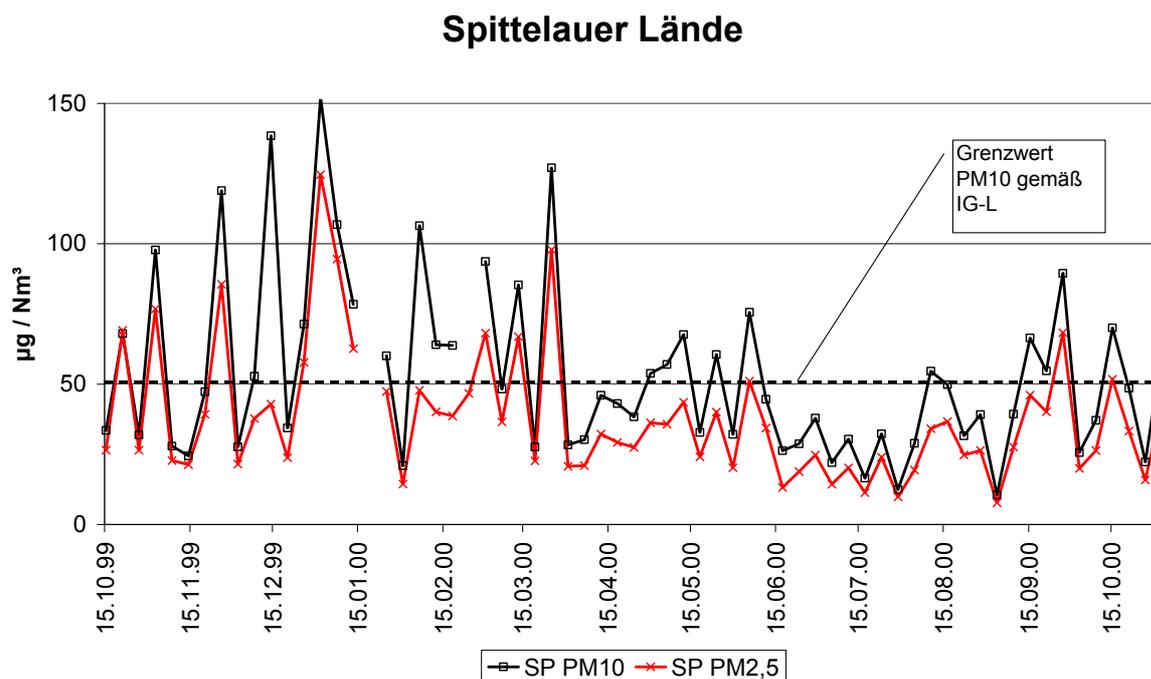
Die Messstelle Spittelauer Lände ist erwartungsgemäß von hohen PM 10-Belastungen betroffen. 43 % der ermittelten Tagesmittelwerte lagen über dem damals noch nicht in Kraft befindlichen Grenzwert gemäß IG-L in der Höhe von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nach der aktuellen Grenzwertregelung gemäß IG-L dürfen 35 Tagesmittelwert pro Jahr den Grenzwert überschreiten, wobei die Verfügbarkeit der Messwerte jedoch über 90 % betragen sollte).

Tabelle 3: Übersicht der gemessenen PM 10- und PM 2,5-Tagesmittelwerte in Wien und Illmitz

Angabe in $\mu\text{g} / \text{m}^3$	Spittelauer Lände		Illmitz	
	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5
Minimum	10	7,7	6,6	4,1
Maximum	152	125	89	75
Median	45	33	19	15
Mittelwert	53	38	24	20

In *Abbildung 2* ist der Verlauf der an der Spittelauer Lände an jedem 6. Tag erhobenen PM 10- bzw. PM 2,5-Belastung zu sehen.

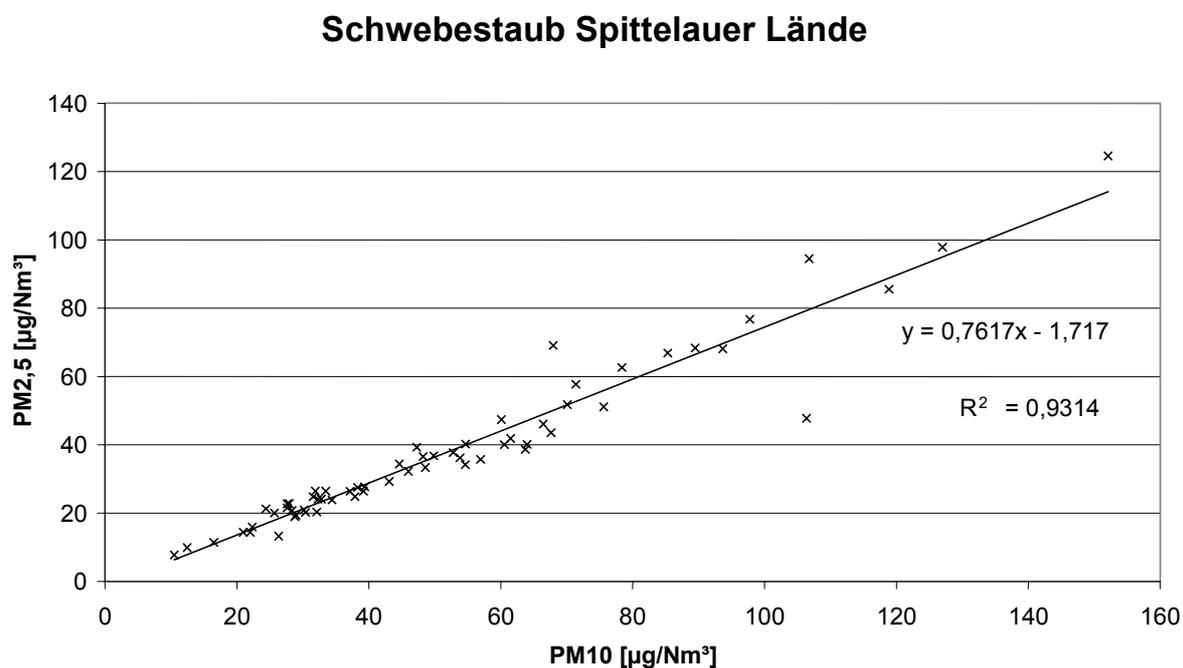
Abbildung 2: Verlauf der PM 10- und der PM 2,5-Konzentration an der Messstelle Spittelauer Lände vom Oktober 1999 bis Oktober 2000



Offensichtlich ist, dass zwar die Belastungen im Winter im Schnitt über jenen der Sommermonate liegen, Überschreitungen des derzeit in Kraft befindlichen Grenzwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Tagesmittelwert jedoch auch in den Sommermonaten auftraten.

I.A. korrelieren die PM 10 und die PM 2,5-Konzentration gut, wie *Abbildung 3* entnommen werden kann.

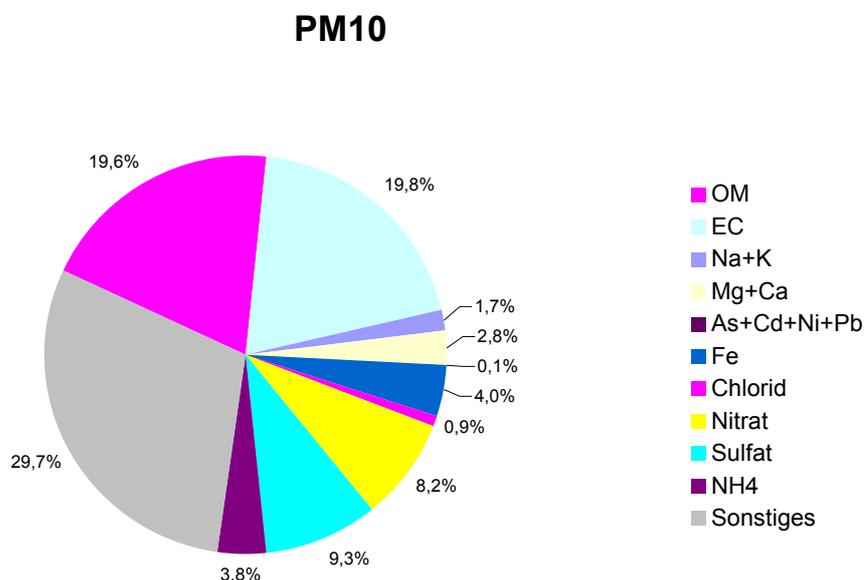
Abbildung 3: Korrelation der PM 10 mit der PM 2,5-Konzentration an der Messstelle Spittelauer Lände



3.1.2 Chemische Zusammensetzung der PM-Fraktion

In *Abbildung 4* wird die durchschnittliche chemische Zusammensetzung der PM 10-Fraktion graphisch dargestellt. Dafür wurden die relativen Beiträge einzelner Substanzen bzw. Substanzgruppen berechnet. Mit Hilfe der analysierten Größen lässt sich i.A. nicht die Gesamtmasse der gesammelten Proben erklären; ein gewisser Anteil, der hier als ‚Sonstiges‘ bezeichnet wird, ist Komponenten zuzuschreiben, die nicht Teil des analytischen Programms waren. Dazu gehört einerseits Wasser, das unter den für die Wägung anzuwendenden Konditionierungsbedingungen (24 Stunden bei 293 K und einer Rel. Feuchte von 50%) noch im gesammelten Aerosol vorhanden sein kann, andererseits bestimmte mineralische geogene (etwa Si- oder Al-hältige) Verbindungen.

Abbildung 4: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der PM 10-Fraktion am Standort Spittelauer Lände



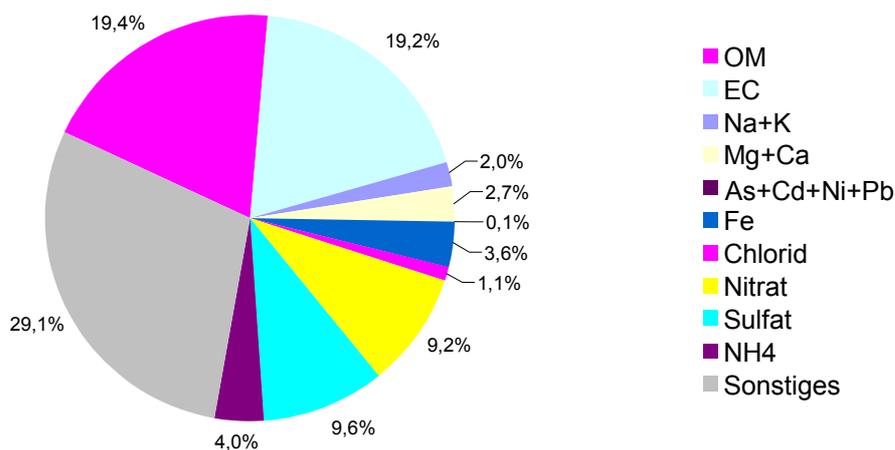
Kohlenstoffhaltige Verbindungen sind für etwa 40 % der Gesamtbelastung verantwortlich, wobei davon etwa je 50 % auf organisches Material bzw. elementaren Kohlenstoff entfallen. Dies entspricht einer Absolutkonzentration von etwa $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ elementaren Kohlenstoffs. In einer Messkampagne, die das Umweltbundesamt 1996 durchgeführt hat, wurde ein Jahresmittelwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt (UBA, 1988). In Deutschland wurde ein Prüfwert von $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für diese Komponente festgelegt.

Weitere 20 % tragen die Ionen Sulfat, Nitrat und Ammonium bei. Schwermetalle (Hauptanteil: Eisen) sowie basische Kationen liefern je etwa 4 % zur Gesamt-PM 10-Konzentration. Immerhin fast 30 % können keiner der analysierten Komponenten zugeordnet werden.

Wie bereits erwähnt, gilt in Österreich seit Sommer 2001 ein Immissionsgrenzwert für PM 10 in der Höhe von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Tagesmittelwert (wobei 35 Überschreitungen pro Jahr nicht als Überschreitung gelten). Um zu überprüfen, ob sich die PM 10-Zusammensetzung an hoch belasteten Tagen von der durchschnittlichen Zusammensetzung unterscheidet, wurde die gleiche Auswertung unter Zugrundelegung jener Tage erstellt, an denen die Belastung über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lag. Die Ergebnisse sind in *Abbildung 5* zu sehen.

Abbildung 5: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der PM 10-Fraktion am Standort Spittelauer Lände an Tagen mit $TMW > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PM10 – Tage über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

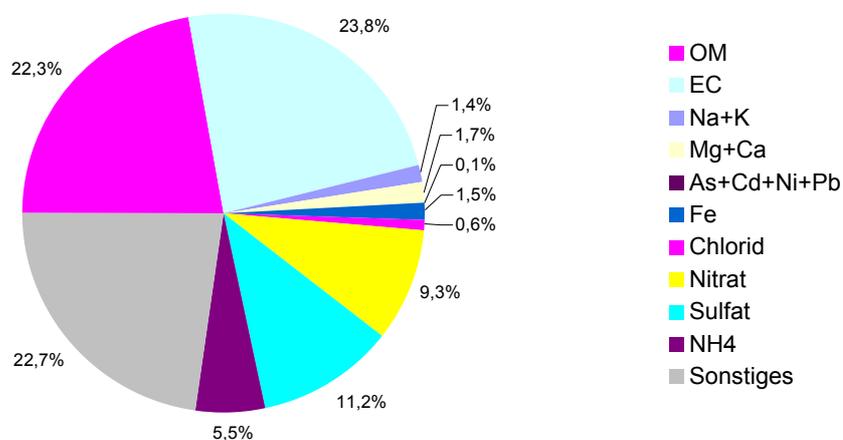


Wie zu sehen ist, unterscheidet sich die Zusammensetzung dieser PM 10-Fraktion kaum von jener an durchschnittlich belasteten Tagen.

Neben der PM 10-Fraktion wurde auch die PM 2,5-Fraktion analysiert. In *Abbildung 6* wird die durchschnittliche Zusammensetzung der PM 2,5-Fraktion dargestellt, in *Abbildung 7* die Zusammensetzung jener ‚groben‘ Fraktion, die man durch Differenzbildung von PM 10 und PM 2,5 erhält (‚PM 10 – PM 2,5‘).

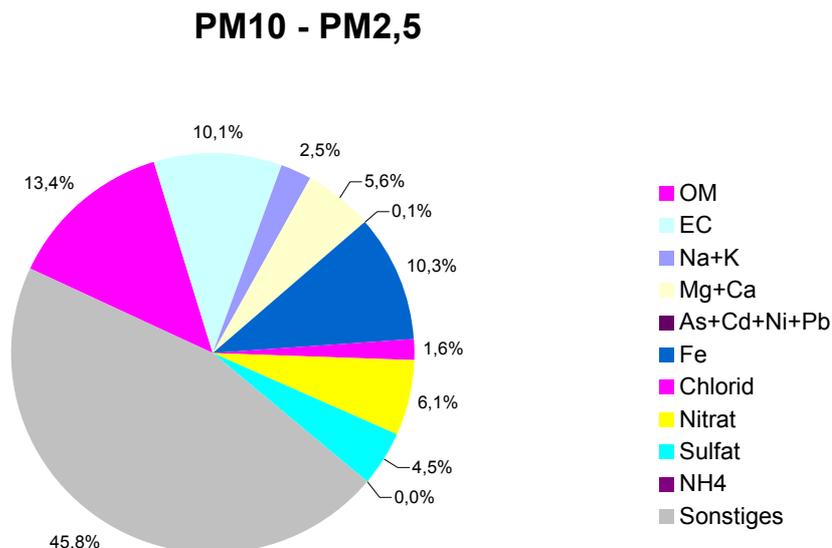
Abbildung 6: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der PM 2,5-Fraktion am Standort Spittelauer Lände

PM2,5



Kohlenstoffhaltige Verbindungen tragen fast 50 % zur PM 2,5-Masse bei, wobei der Anteil an elementarem Kohlenstoff über jenem von organischem Material liegt. Weitere 26% liefern Sulfat, Nitrat und Ammonium.

Abbildung 7: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Differenz von PM 10- und PM 2,5-Fraktion am Standort Spittelauer Lände



Im Vergleich zur PM 10-Fraktion sind einige Komponenten in der PM 2,5-Fraktion stärker vertreten, wohingegen andere in einem geringeren Anteil vorliegen und dafür bevorzugt in der ‚groben‘ Fraktion zu finden sind. Zu den hauptsächlich im PM 2,5 vorkommenden Inhaltsstoffen zählen kohlenstoffhaltige Verbindungen, Sulfat, Nitrat und Ammonium. Chlorid, Eisen sowie die basischen Kationen sind in der PM 2,5-Fraktion in einem geringeren Anteil als der PM 10-Fraktion enthalten. Dies ist auch in *Tabelle 4* zu sehen, wo die Verteilung aller analysierten Komponenten zwischen der PM 10- und der PM 2,5-Fraktion als Quotient der Massenkonzentrationen (über Messperiode gemittelt) in PM 2,5 durch PM 10 dargestellt ist. 100% bedeutet, dass die Gesamtmasse in der PM 10-Fraktion gleich jener in der PM 2,5-Fraktion ist, d.h. dass diese Komponente praktisch nur in der sehr feinkörnigen Fraktion zu finden ist.

Tabelle 4: Verteilung einzelner Komponenten zwischen PM 2,5 und PM 10

Komponente	PM 2,5 / PM 10 in %
Masse	71%
Ammonium	100%
Sulfat	87%
EC	86%
Cd	85%
TC	84%
As ⁵	81%
Nitrat	80%
K	76%
Pb	72%
Sonstiges	56%
Mg	55%
Ni ⁵	53%
Chlorid	50%
Ca	40%
Na	35%
Fe	26%

Das Verhältnis der PM 2,5- zur PM 10-Konzentration über die gesamte Messperiode betrug 71%. Alle Komponenten mit einem höheren Wert sind in der PM 2,5-Fraktion angereichert.

Eisen, Natrium, Chlorid, Kalzium und Magnesium sind in der ‚groben‘ Fraktion angereichert. Auch ist der Anteil der Komponente ‚Sonstiges‘ in der groben Fraktion höher, was ein Hinweis darauf ist, dass mineralische Bestandteile wie etwa Straßenabrieb bzw. Wiederaufwirbelung von Straßenabrieb einen wesentlichen Teil dieses Beitrags ausmachen.

3.1.3 Zeitlicher Verlauf

Der zeitliche Verlauf der chemischen Zusammensetzung der PM 10- und der PM 2,5-Belastung ist in *Abbildung 8* bzw. *Abbildung 9* dargestellt. Die einzelnen Parameter sind jeweils als Anteil an der Gesamtkonzentration dargestellt. Der Fehlbetrag auf 100 % ist jener Anteil, der in den ‚Tortengraphiken‘ als ‚Sonstiges‘ bezeichnet wird.

⁵ Bei Arsen und Nickel lagen etliche Analysewerte unter der Bestimmungsgrenze, so dass diese Art der Auswertung nur geringe Aussagekraft besitzt.

Abbildung 8: Zeitlicher Verlauf der Zusammensetzung der PM 10-Fraktion in Spittelauer Lände

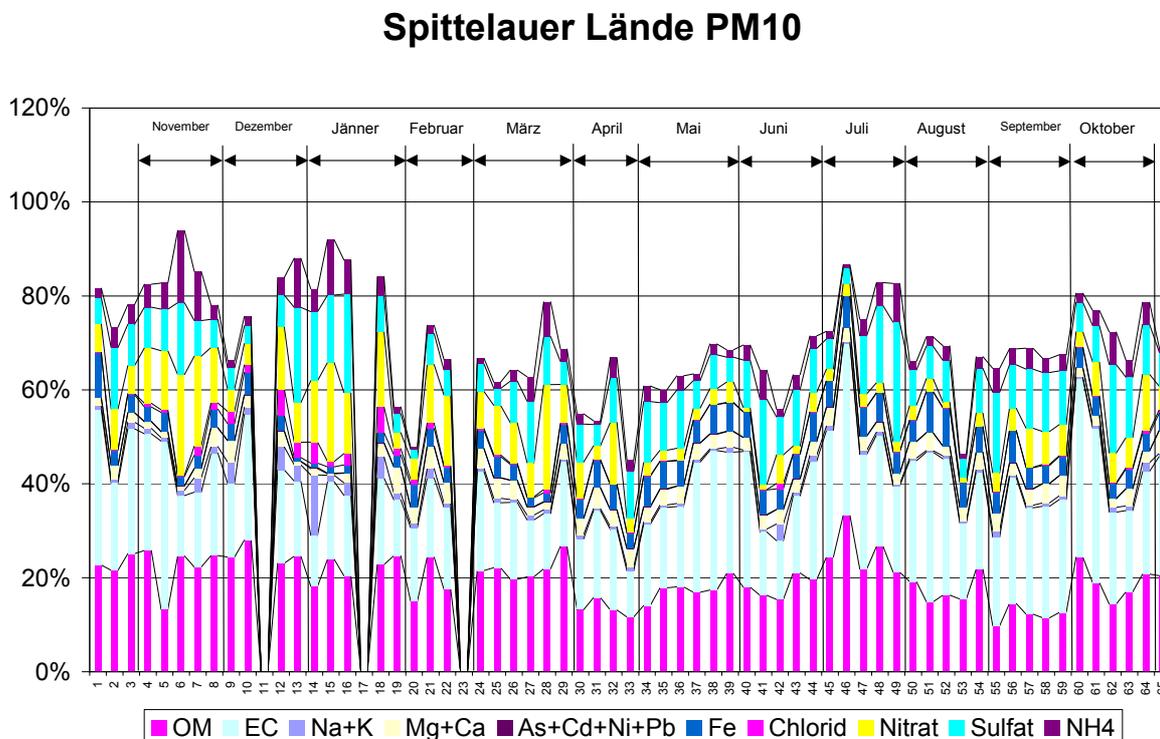
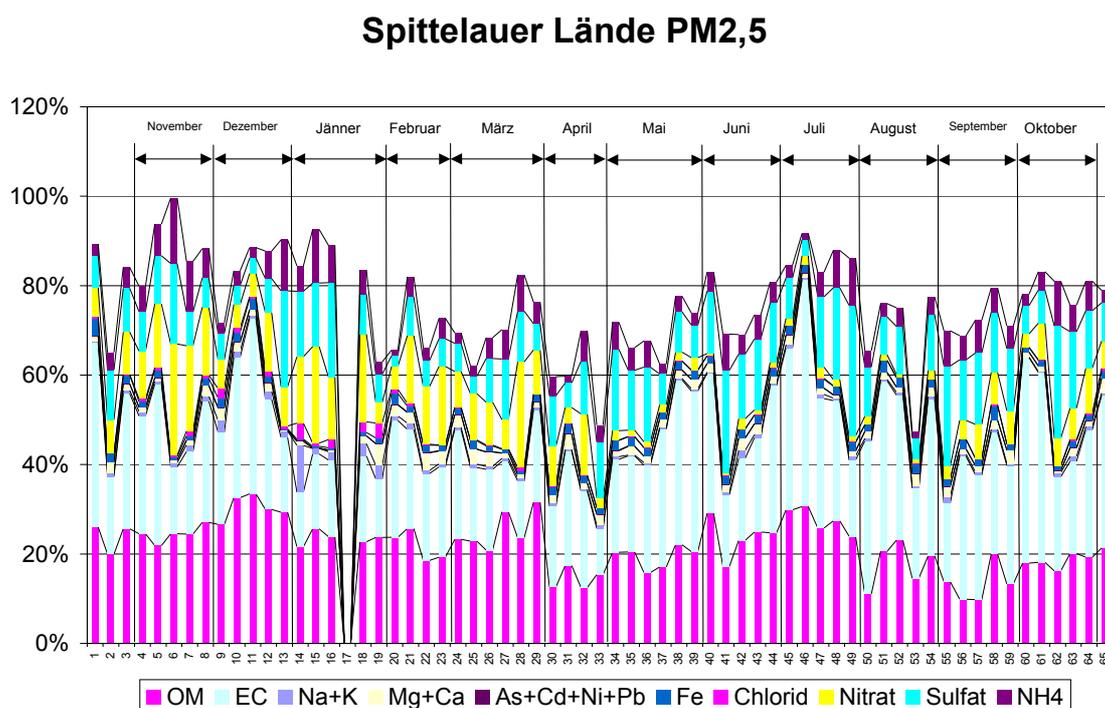


Abbildung 9: Zeitlicher Verlauf der Zusammensetzung der PM 2,5-Fraktion in Spittelauer Lände



Die meisten Komponenten zeigen einen relativ einheitlichen Verlauf. Auffällig ist jedoch, dass Nitrat in den Sommermonaten in deutlich geringeren Anteilen als im Winter gefunden wird; der Grund hierfür dürfte in der leichten Flüchtigkeit des Ammoniumnitrats liegen. Erfahrungsgemäß liegt ein Großteil des partikelgebundenen Nitrats als Ammoniumnitrat vor. Diese Komponente kann in einer temperaturabhängigen Gleichgewichtsreaktion in die gasförmigen Komponenten HNO_3 und NH_3 dissoziieren. Bei Temperaturen über etwa 25°C liegt praktisch kein partikelförmiges Ammoniumnitrat vor. Der Verlauf der Nitratkonzentration ist in *Abbildung 10* zu sehen, zum Vergleich jener von Sulfat in *Abbildung 11*.

Abbildung 10: Verlauf der Nitratkonzentration an der Spittelauer Lände

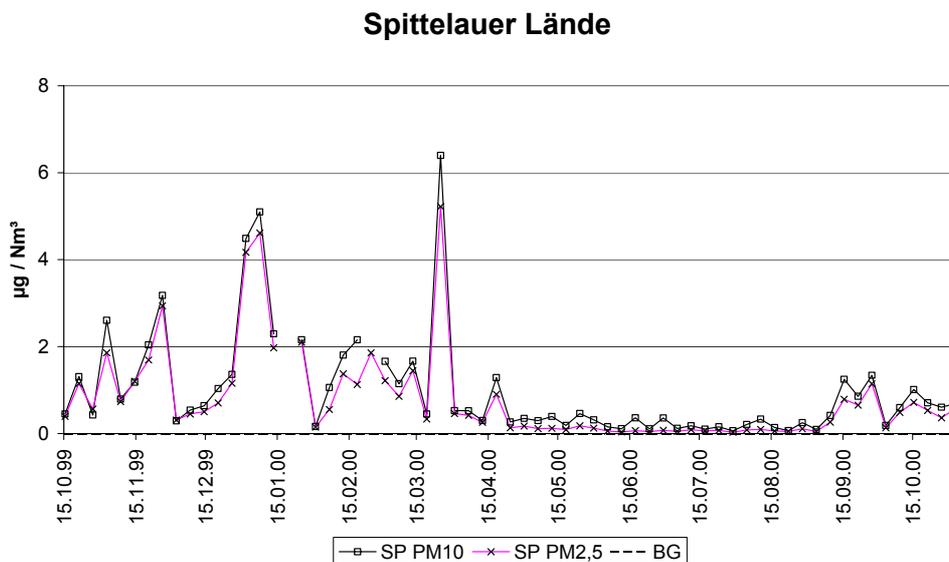
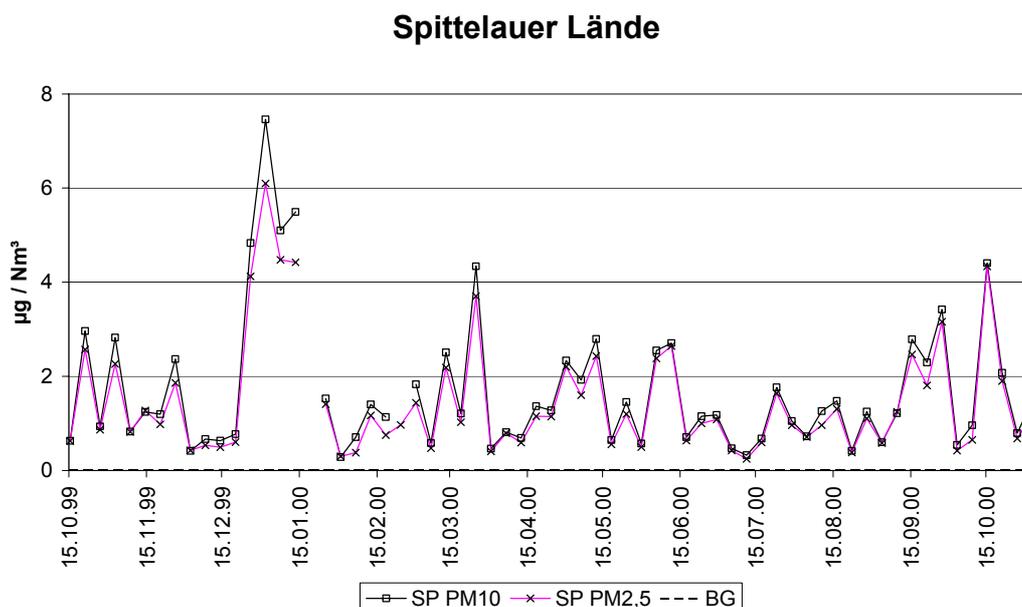
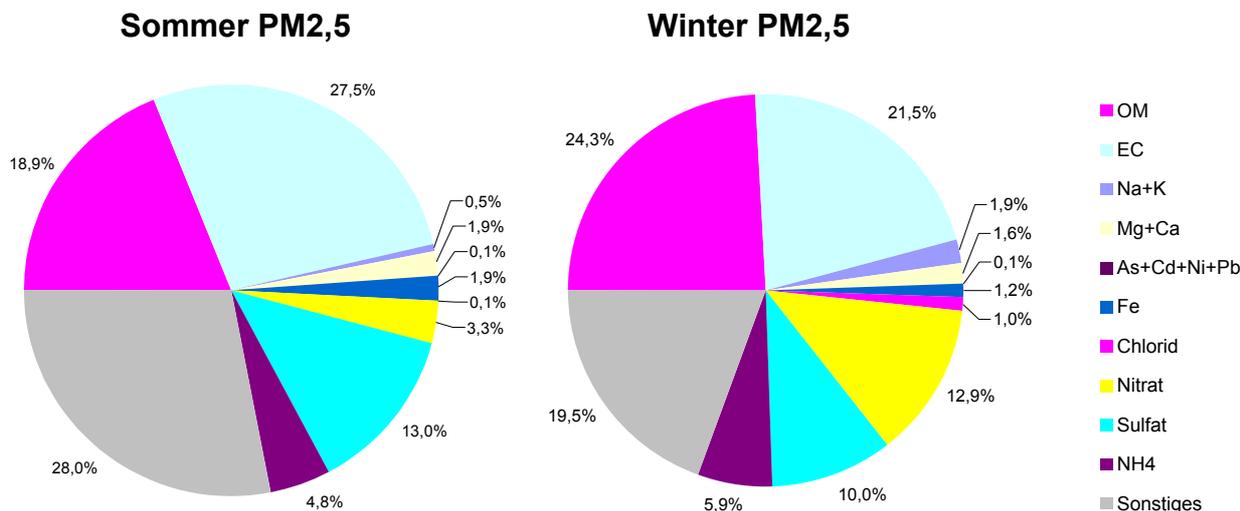


Abbildung 11: Verlauf der Sulfatkonzentration an der Spittelauer Lände



Um die spezifischen Unterschiede zwischen Sommer und Winter zu veranschaulichen, zeigt Abbildung 12 die Zusammensetzung der PM 2,5-Fraktion im Sommer und Winter.

Abbildung 12: Zusammensetzung der PM 2,5-Fraktion im Sommer (links) und Winter (rechts)



Deutliche Unterschiede ergeben sich neben dem Nitrat auch bei den organischen Verbindungen, Natrium, Kalium und Chlorid (im Winter höherer Anteil). Elementarer Kohlenstoff liegt im Sommer in höherem relativen Anteil vor als im Winter. Allerdings ist die Absolutkonzentration im Winter höher als im Sommer.

Einzelne Inhaltsstoffe zeigen untereinander eine hohe Korrelation. Dies gilt insbesondere

- für Na^+ und Cl^- an einigen Tagen im Winter. Hier dürfte der Einsatz von Streusalz die Hauptquelle sein. In Abbildung 13 ist die Korrelation der Tagesmittelwerte von Na^+ und Cl^- in PM 10 dargestellt. Im Allgemeinen ist die Korrelation hoch, lediglich am 1.1. traten hohe Cl^- -Werte mit K^+ als Gegenion auf.
- für Sulfat + Nitrat sowie Ammonium, da die beiden erstgenannten Ionen hauptsächlich als Ammonsalze vorliegen. In Abbildung 14 ist die Korrelation zwischen Sulfat + Nitrat sowie Ammonium der Tagesmittelwerte in PM 2,5 zu sehen.

Niedriger sind die Korrelationen zwischen elementarem Kohlenstoff und organischem Kohlenstoff, wie in Abbildung 15 zu sehen ist – ein Hinweis darauf, dass diese beiden Komponenten zumindest teilweise auf unterschiedliche Quellen zurückzuführen sind. In

Abbildung 16 ist die Korrelation zwischen den Tagesmittelwerten für EC und Ca zu sehen, beides Komponenten, die auf den Kfz-Verkehr zurückzuführen sind. EC wird jedoch von Abgasemissionen verursacht, während Ca auf Straßenabrieb bzw. Wiederaufwirbelung zurückzuführen ist. Die niedrige Korrelation zeigt, dass trotz der gleichen Quellen unterschiedliche Mechanismen für die Belastung verantwortlich sind.

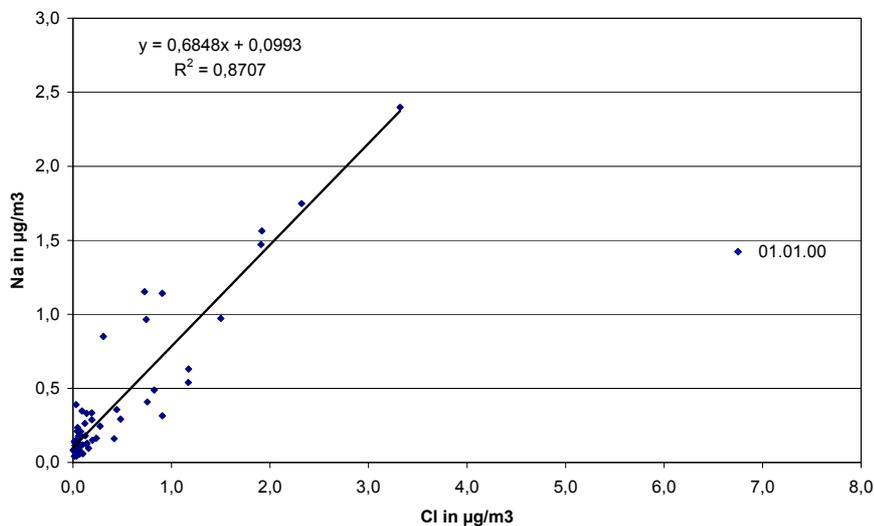
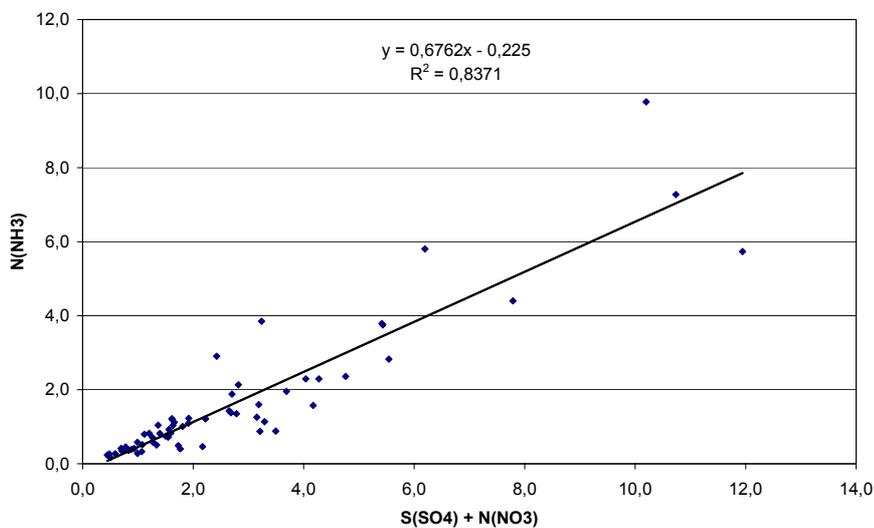
Abbildung 13: Korrelation der Tagesmittelwerte von Na⁺ und Cl⁻ an der Spittelauer Lände

Abbildung 14: Korrelation der Tagesmittelwerte von Sulfat + Nitrat sowie Ammonium an der Spittelauer Lände



Die durchwegs hohen Korrelationen zeigen, dass ein Großteil des Sulfats und Nitrats tatsächlich als Ammoniumsalz vorliegen.

Abbildung 15: Korrelation der Tagesmittelwerte von EC bzw. OC an der Spittelauer Lände

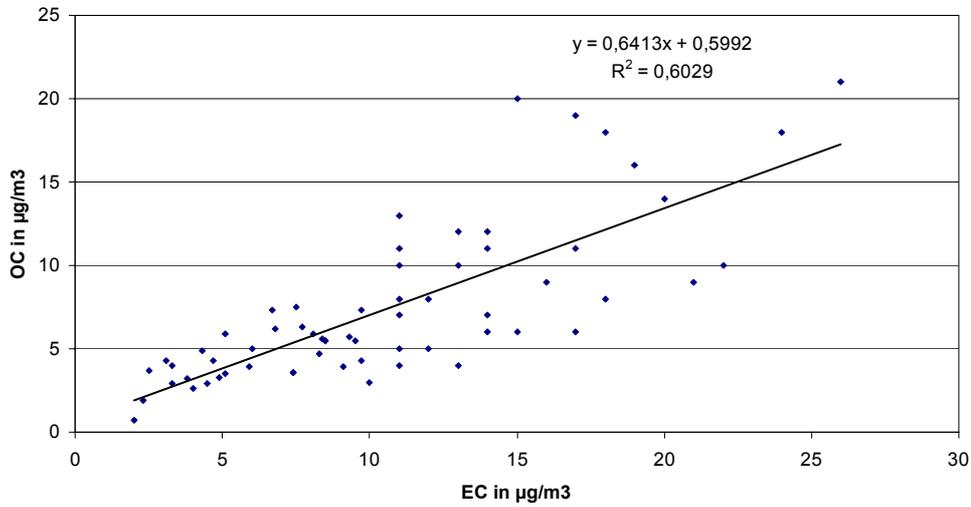
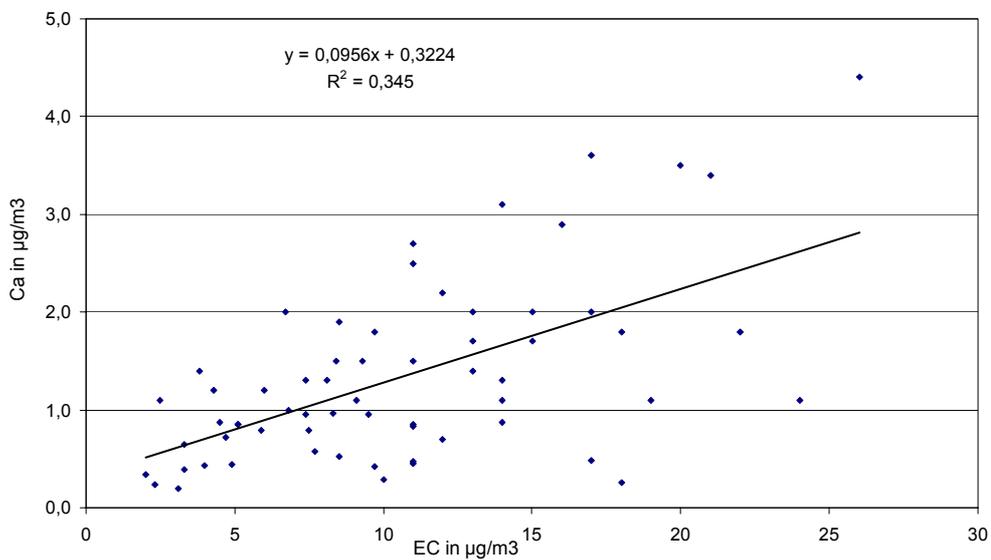


Abbildung 16: Korrelation der Tagesmittelwerte von EC bzw. Ca an der Spittelauer Lände



3.2 Illmitz

3.2.1 Partikelmasse

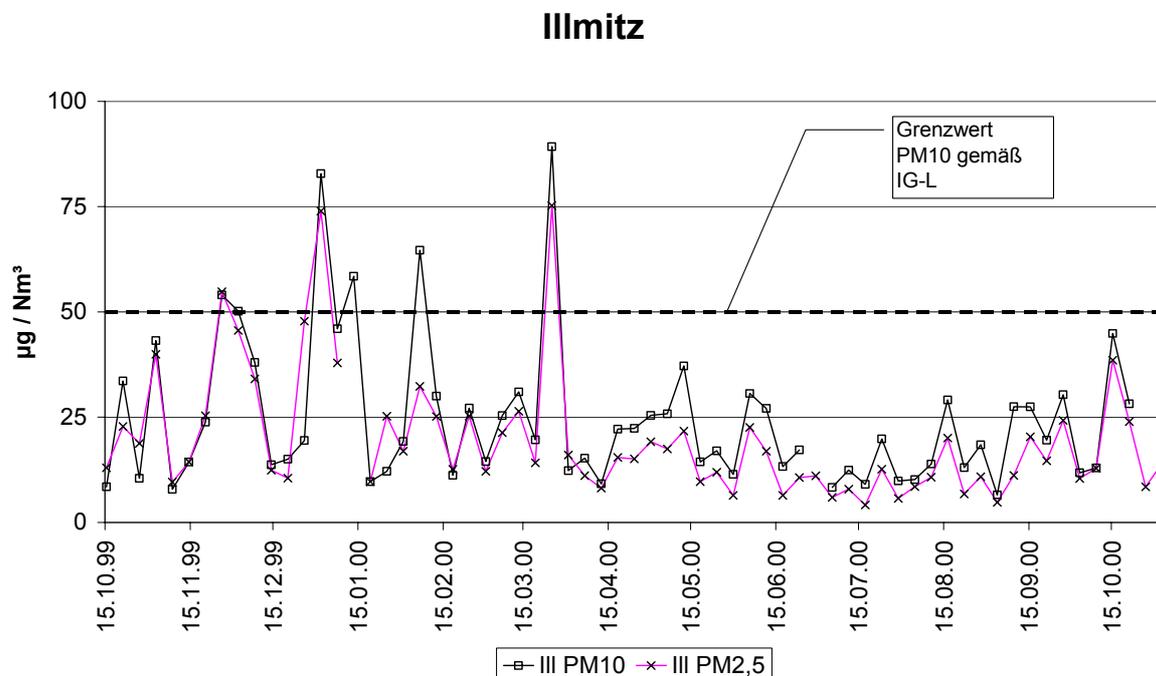
Illmitz ist ein im Seewinkel (Burgenland) gelegener Hintergrundstandort. An diesem Standort betreibt das Umweltbundesamt seit vielen Jahren eine EMEP-Messstation; das Messprogramm umfasst neben den klassischen gasförmigen Luftschadstoffen (SO₂, NO_x, Ozon, CO) auch die Analyse von Regeninhaltsstoffen sowie partikelgebundenem Sulfat und Schwebstaub. Daneben wird mit Hilfe von Filterstacks die Summe aus gasförmiger Salpetersäure und partikelgebundenem Nitrat sowie Ammonium und Ammoniak bestimmt. Die routinemäßige, durchgehende Messung von Schwebstaub wurde mit Sommer 1999 von Gesamtschwebstaub (gemessen mit einem automatischen Monitor) auf gravimetrische PM 10-Messung (und seit 2001 zusätzlich PM 2,5) umgestellt.

Tabelle 3: Übersicht der gemessenen PM 10- und PM 2,5-Tagesmittelwerte in Wien und Illmitz

Angabe in µg / m ³	Spittelauer Lände		Illmitz	
	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5
Minimum	10	7,7	6,6	4,1
Maximum	152	125	89	75
Median	45	33	19	15
Mittelwert	53	38	24	20

Wie *Tabelle 3* zu entnehmen ist, liegt der Mittelwert der PM 10- und PM 2,5-Belastung über den Versuchszeitraum bei 24 bzw. 20 µg/m³. Der Verlauf der PM 10- und PM 2,5-Konzentration ist in *Abbildung 17* dargestellt.

Abbildung 17: Verlauf der PM 10- und PM 2,5-Konzentration der Messstelle Illmitz vom Oktober 1999 bis Oktober 2000



Deutlich zu sehen ist, dass PM 10 und PM 2,5 nicht nur einen sehr ähnlichen Verlauf haben, sondern i.A. auch in einem ähnlichen Konzentrationsbereich liegen. Auch sind deutliche Unterschiede zwischen dem Belastungsniveau im Sommerhalbjahr und dem Winterhalbjahr erkennbar.

Die Korrelation zwischen der PM 10- und der PM 2,5-Konzentration über die gesamte Messperiode ist in *Abbildung 18* zu sehen, für das Sommer- und Winterhalbjahr getrennt in *Abbildung 19*. Der Anteil von PM 2,5 an PM 10 ist im Winter deutlich höher als im Sommer. Dies ist ein Hinweis darauf, dass im Sommer der Beitrag lokal verursachter, grobkörniger mineralischer Staubbestandteile höher ist als im Winter.

Abbildung 18: Korrelation der PM 10- mit der PM 2,5-Konzentration an der Messstelle Illmitz

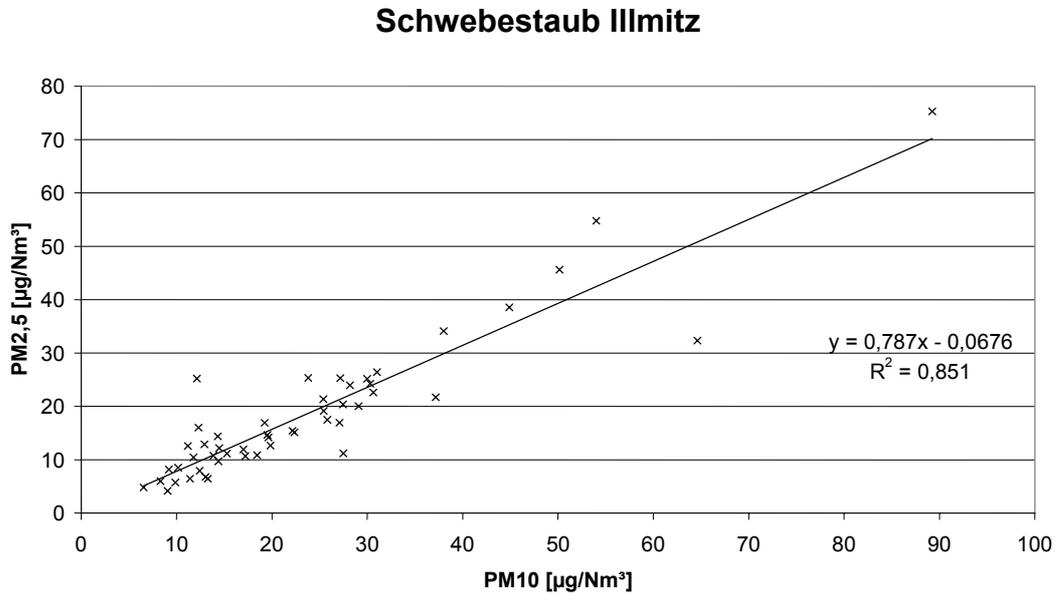
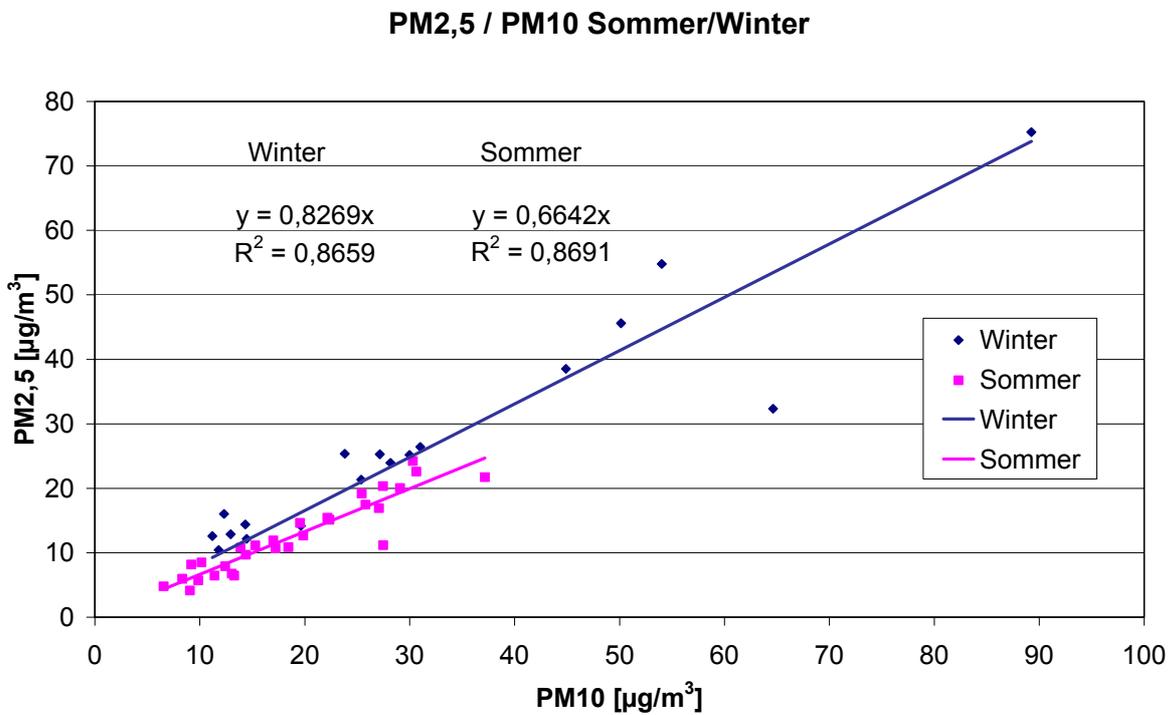


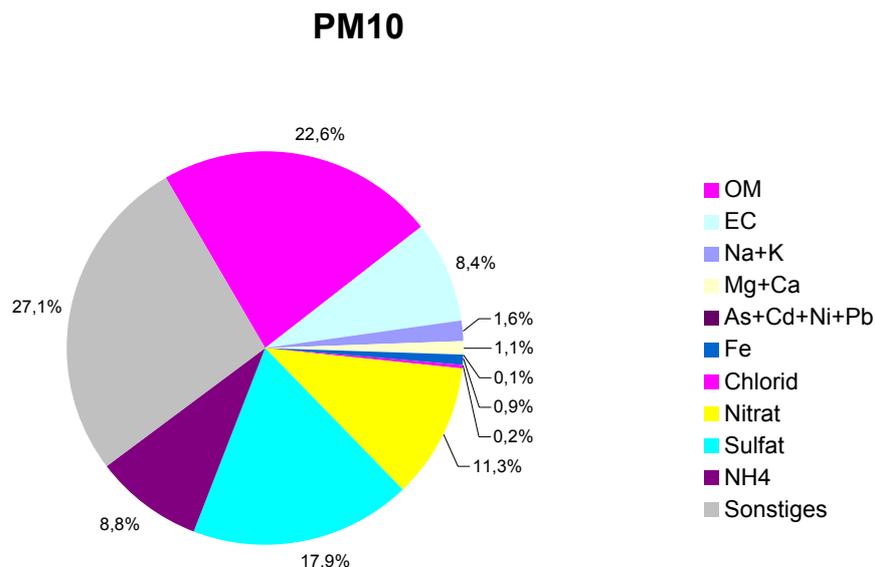
Abbildung 19: Korrelation zwischen der PM 10- und der PM 2,5-Konzentration in Illmitz im Sommer- bzw. Winterhalbjahr



3.2.2 Chemische Zusammensetzung der PM-Fractionen

In *Abbildung 20* wird die durchschnittliche chemische Zusammensetzung der PM 10-Fraktion graphisch dargestellt. Dafür wurden die relativen Beiträge einzelner Substanzen (bzw. Substanzgruppen) berechnet.

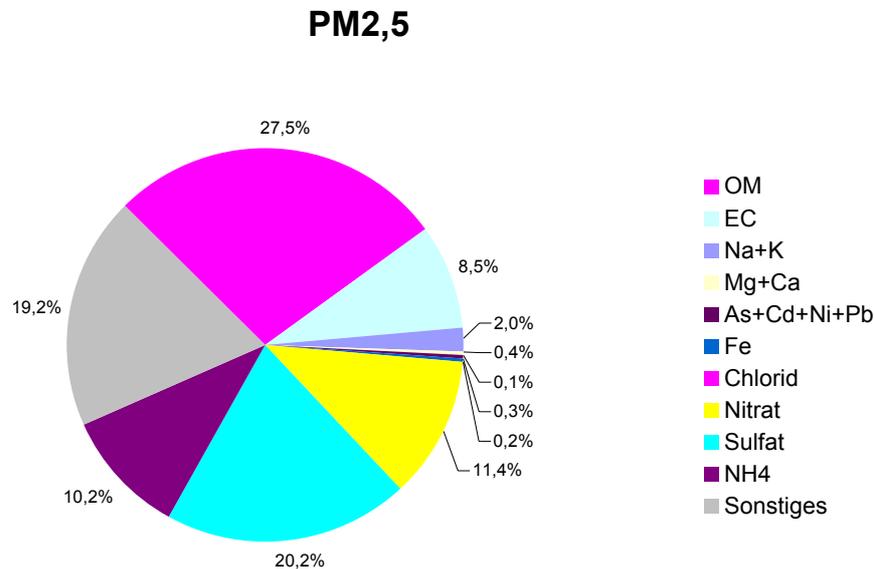
Abbildung 20: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der PM 10-Fraktion in Illmitz



Kohlenstoffhaltige Verbindungen sind für etwa 31 % der Gesamtbelastung verantwortlich, wobei davon fast drei Viertel auf organisches Material entfallen, 38 % tragen die Ionen Sulfat, Nitrat und Ammonium bei. Schwermetalle (Hauptanteil: Eisen) liefern etwa 1 %, basische Kationen knapp 3 % zur Gesamt-PM 10-Konzentration. Rund 27 % können keiner der analysierten Komponenten zugeordnet werden.

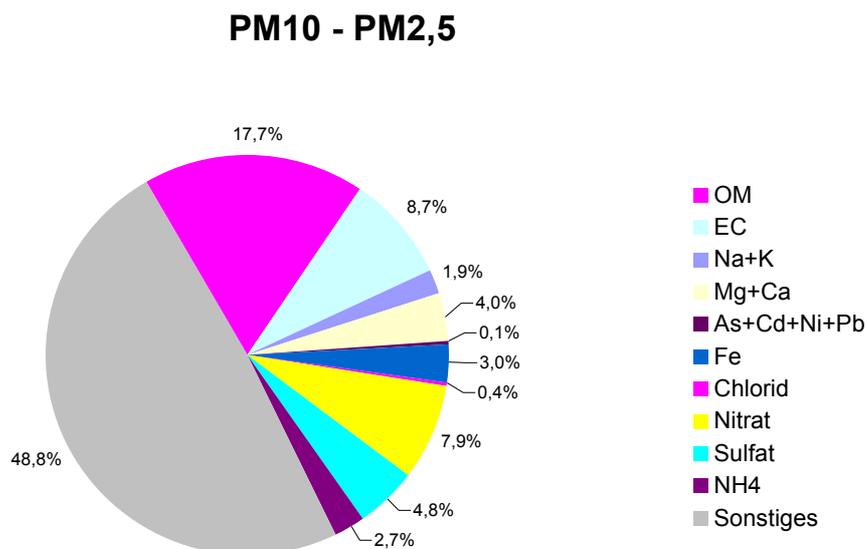
Neben der PM 10-Fraktion wurde auch die PM 2,5-Fraktion analysiert. In *Abbildung 21* wird die durchschnittliche Zusammensetzung der PM 2,5-Fraktion dargestellt, in *Abbildung 22* die Zusammensetzung jener ‚groben‘ Fraktion, die man durch Differenzbildung von PM 10 und PM 2,5 erhält (‚PM 10 – PM 2,5‘).

Abbildung 21: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der PM 2,5-Fraktion am Standort Illmitz



Kohlenstoffhaltige Verbindungen tragen 36 % zur PM 2,5-Masse bei. Weitere 42 % liefern Sulfat, Nitrat und Ammonium. Schwermetalle (Hauptanteil: Eisen) liefern weniger als 0,5 %, basische Kationen rund 2,5 % zur Gesamt-PM 10-Konzentration. Knapp 20 % können keiner der analysierten Komponenten zugeordnet werden.

Abbildung 22: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Fraktion PM 10 minus PM 2,5 am Standort Illmitz



In der ‚groben‘ Fraktion dominiert der Anteil ‚Sonstiges‘. Wahrscheinlich ist, dass hier mineralische Materialien einen hohen Beitrag liefern. In *Tabelle 5* ist die Verteilung aller analysierten Komponenten zwischen der PM 10- und der PM 2,5-Fraktion als Quotient der Massenkonzentrationen in PM 2,5 durch PM 10 dargestellt. 100% bedeutet, dass die Gesamtmasse in der PM 10-Fraktion gleich jener in der PM 2,5-Fraktion ist, d.h. diese Komponente ist nur in der feinen Fraktion zu finden.

Tabelle 5: Verteilung einzelner Komponenten zwischen PM 2,5 und PM 10

Komponente	PM 2,5 / PM 10 in %
Masse	73%
K	100%
Ni	100%
NH4	93%
Sulfat	92%
As	89%
Cd	83%
Pb	78%
TC	76%
Nitrat	73%
EC	69%
Chlorid	60%
Sonstiges	59%
Na	45%
Mg	34%
Fe	28%
Ca	24%

3.2.3 Zeitlicher Verlauf

Der zeitliche Verlauf der chemischen Zusammensetzung der PM 10- und der PM 2,5-Belastung ist in *Abbildung 23* bzw. *Abbildung 24* dargestellt. Die einzelnen Parameter sind jeweils als Anteil an der Gesamtkonzentration dargestellt. Der Fehlbetrag auf 100 % ist jener Anteil, der in den ‚Tortengraphiken‘ als ‚Sonstiges‘ bezeichnet wird.

Abbildung 23: Zeitlicher Verlauf der Zusammensetzung der PM 10-Fraktion in Illmitz

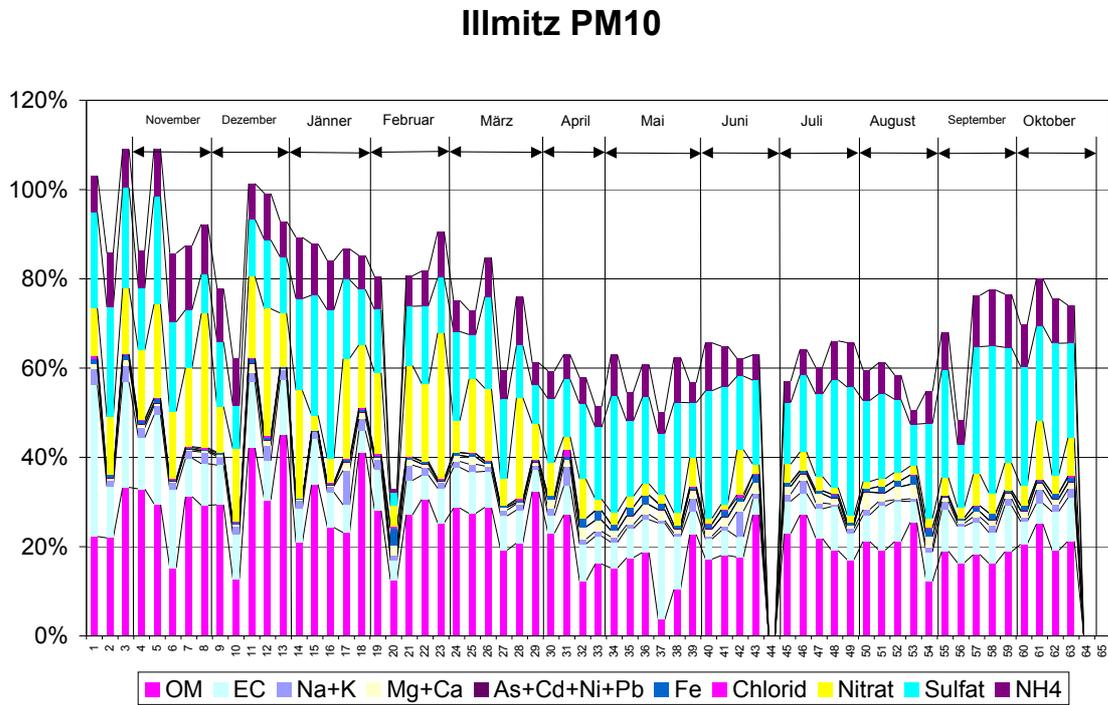


Abbildung 24: Zeitlicher Verlauf der Zusammensetzung der PM 2,5-Fraktion in Illmitz

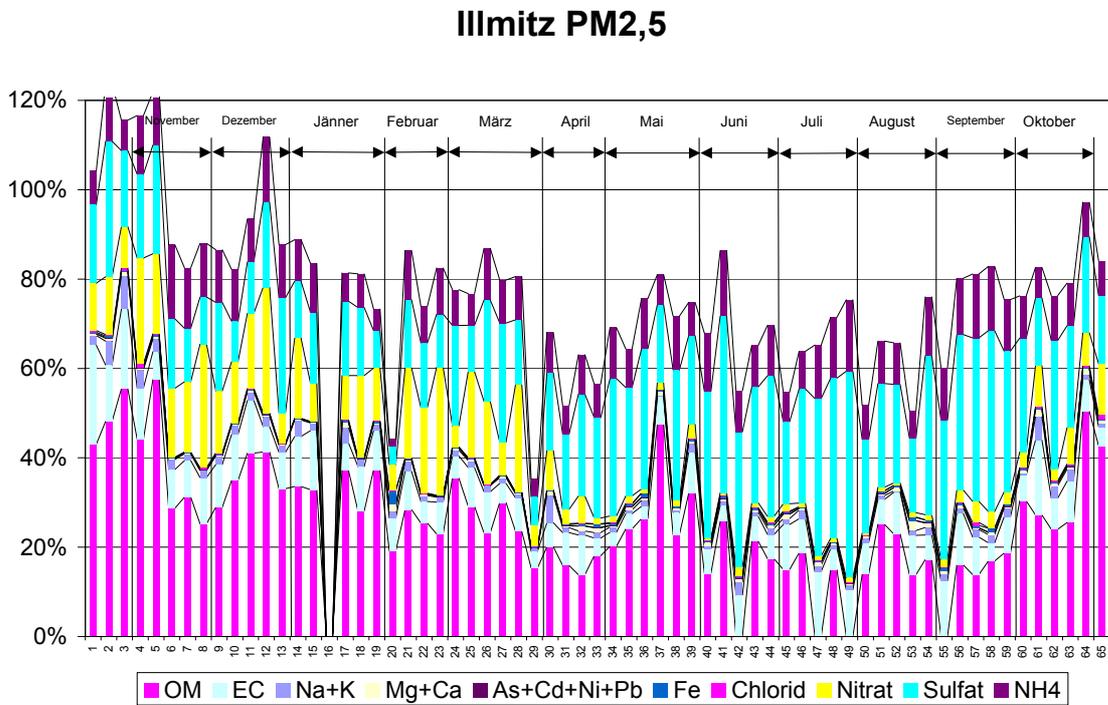
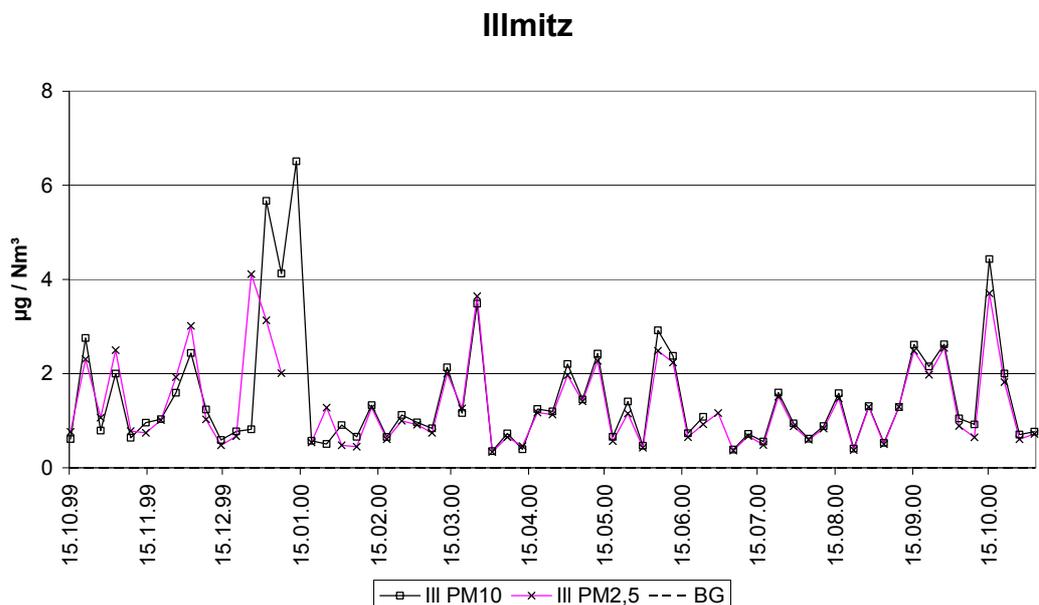
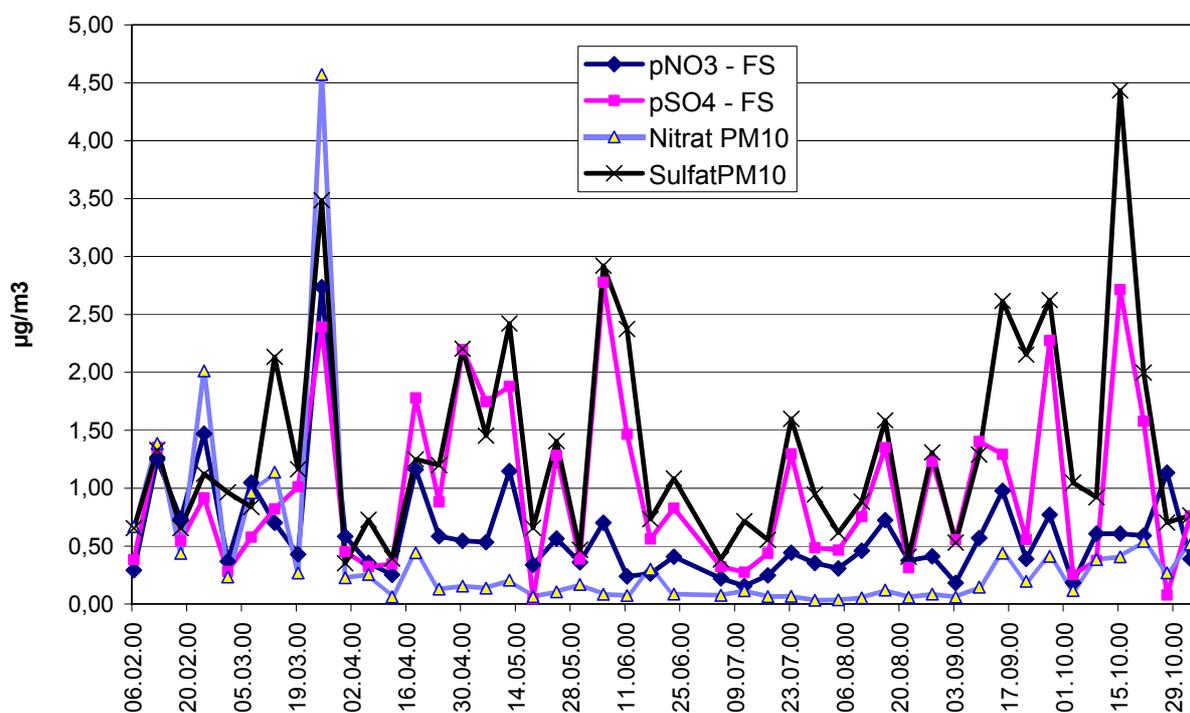


Abbildung 26: Verlauf der Sulfat-Konzentration in Illmitz



Neben den Messungen im Rahmen der beschriebenen Kampagne laufen in Illmitz, wie bereits erwähnt, auch routinemäßig Erhebungen im Zuge der Umsetzung des EMEP-Messprogramms. Hier werden u.a. partikuläres Sulfat (seit den Achtziger Jahren) und Nitrat (seit 2000) mit Hilfe von Filterstacks (FS) gemessen. Ein Vergleich der so erhaltenen Ergebnisse mit jenen, die durch Analyse der PM 10-Filter erhalten wurde, ist in *Abbildung 27* zu sehen.

Abbildung 27: Verlauf von Nitrat und Sulfat im PM 10 bzw. mittels Filterstacks, gesammelt in Illmitz

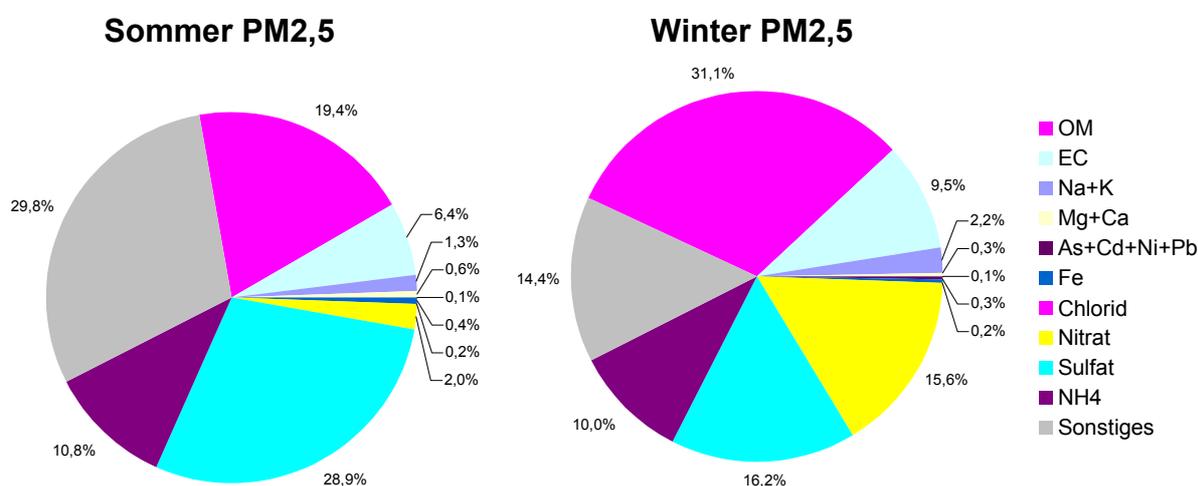


Beim Sulfat ergibt sich erwartungsgemäß ein ähnlicher Verlauf. Allerdings gibt es auch Tage, an denen sich z.T. signifikante Unterschiede zwischen den beiden Verfahren ergeben. Dieser Unterschied könnte darauf zurückzuführen sein, dass bei den Filterstackmessungen keine Vorabscheidung mittels PM10-Ansaugkopf erfolgt, sondern eine Ansaugung über die zentrale Ansaugung des Luftmesscontainers.

Deutliche Unterschiede ergeben sich beim Vergleich der Nitratkonzentration auf den PM 10-Filtern bzw. den mit Hilfe der Filterstacks ermittelten Konzentrationen. Die größten Unterschiede treten in der warmen Jahreszeit auf, d.h., zwischen April und Oktober, wo mit Hilfe der Filterstacks im Sommer wesentlich höhere Nitrat-Konzentration erfasst werden.

Um die spezifischen Unterschiede zwischen Sommer und Winter zu veranschaulichen, zeigt *Abbildung 28* die Zusammensetzung der PM 2,5-Fraktion im Sommer und Winter.

Abbildung 28: Zusammensetzung der PM 2,5-Fraktion im Sommer (links) und Winter (rechts)



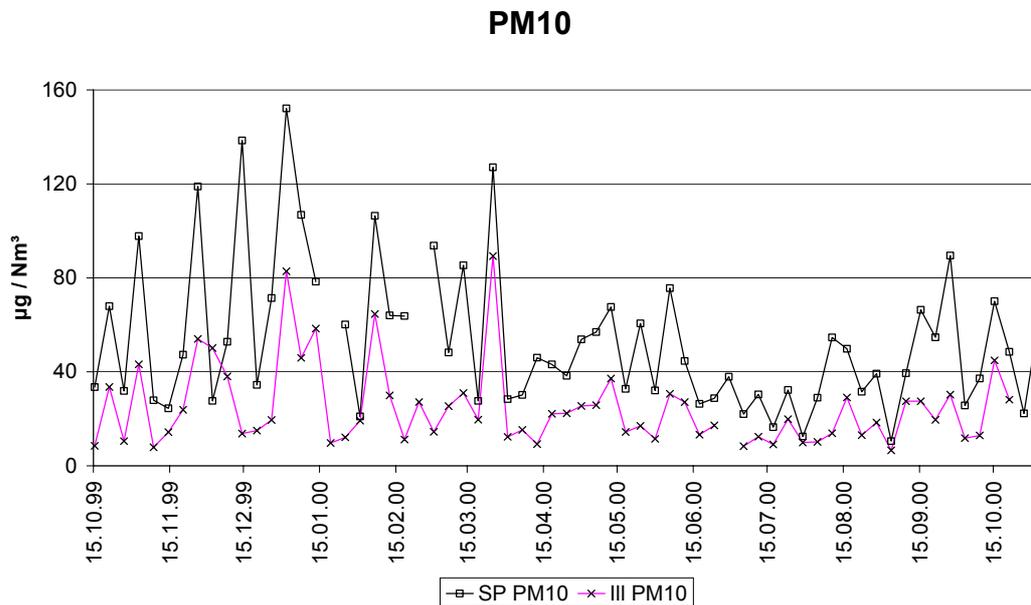
Auffällig ist, dass der Anteil ‚Sonstiges‘ im Sommer in der PM 2,5-Fraktion sehr hoch ist. Hierbei dürfte es sich um mineralische Stäube handeln, die u.a. durch lokale Winderosion verursacht werden. Im Winter spielen diese Vorgänge eine kleinere Rolle, was u.a. auf zeitweise Schneedecken zurückgeführt werden kann. In dieser Jahreszeit tragen hingegen kohlenstoffhaltige Verbindungen sowie die sekundären anorganischen Verbindungen Nitrat, Sulfat und Ammonium jeweils mehr als 40 % zur Gesamtbelastung bei.

3.3 Vergleich Spittelauer Lände – Illmitz

3.3.1 Partikelmasse

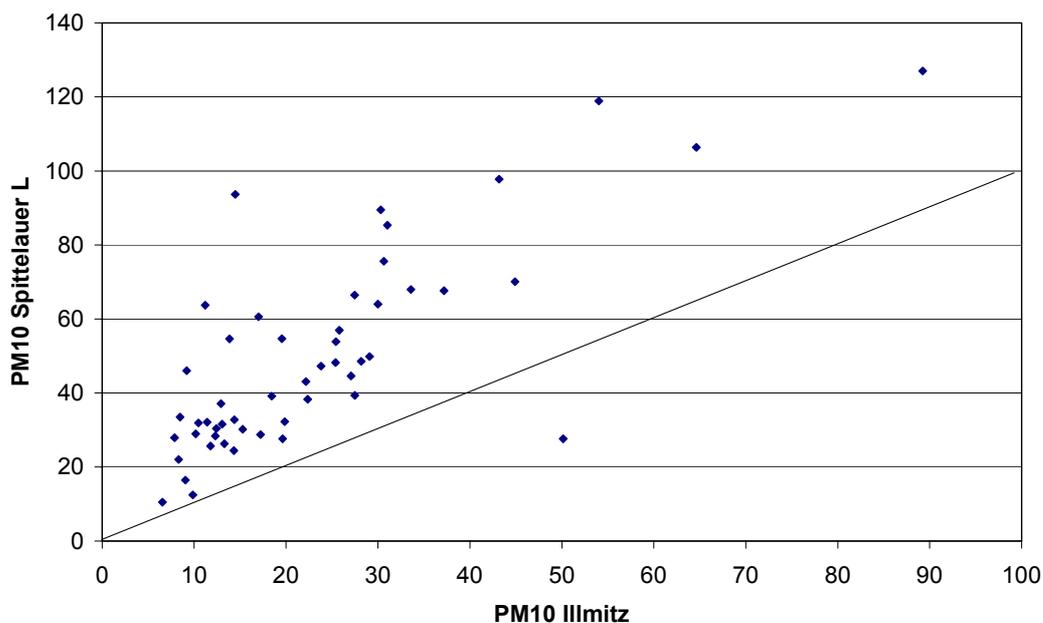
Der Verlauf der PM 10-Konzentration an der Spittelauer Lände und in Illmitz ist in *Abbildung 29* zu sehen.

Abbildung 29: Vergleich des PM 10-Verlaufs an der Spittelauer Lände und in Illmitz



Der Verlauf der Belastung ist an beiden Standorten ähnlich, wobei aber die Konzentration in der Spittelauer Lände im Schnitt mehr als doppelt so hoch ist wie jene in Illmitz. Lediglich an einem Tag lag die Belastung in Illmitz höher als an der Spittelauer Lände. Die Korrelation der beiden PM 10-Konzentrationen ist in *Abbildung 30* zu sehen.

Abbildung 30: Korrelation der PM 10-Tagesmittelwerte in Illmitz und an der Spittelauer Lände



Die PM 10-Belastung in Illmitz ist allerdings nicht notwendigerweise als großflächige Vorbelastung zu interpretieren. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass auch in Illmitz lokale Prozesse wie Winderosion von geogenen Materialien zur PM 10-Belastung beitragen können. Eher repräsentativ für die großräumige Vorbelastung ist die PM 2,5-Belastung in Illmitz, da bei dieser der Anteil an lokalem geogenem Material wesentlich geringer ist. Der Verlauf ist in *Abbildung 31* dargestellt. Auch bei PM 2,5 ist die Belastung an der Spittelauer Lände etwa doppelt so hoch wie in Illmitz (siehe *Abbildung 32*).

Abbildung 31: Vergleich des PM 2,5-Verlaufs an der Spittelauer Lände und in Illmitz

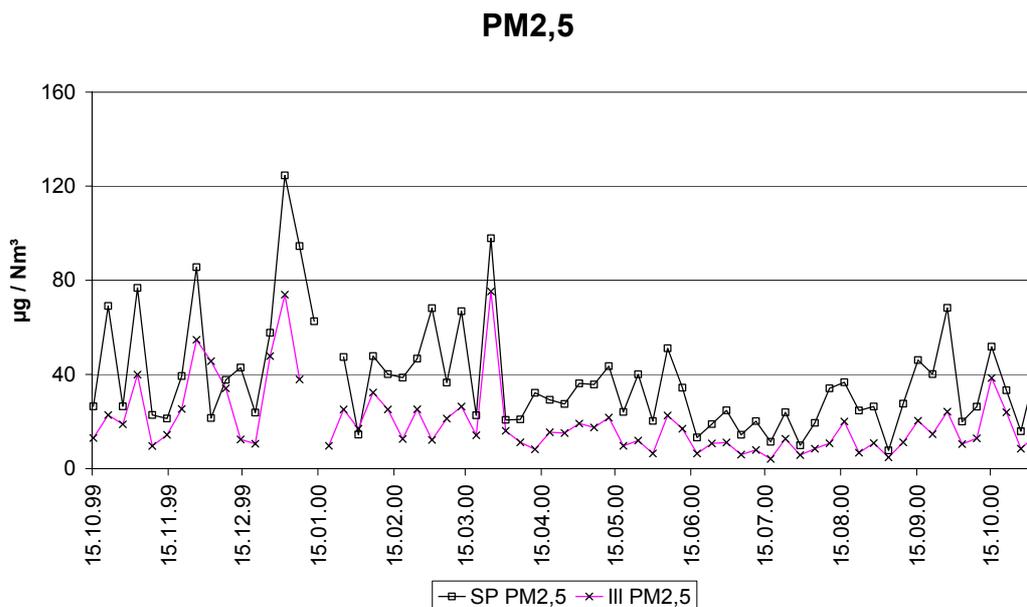
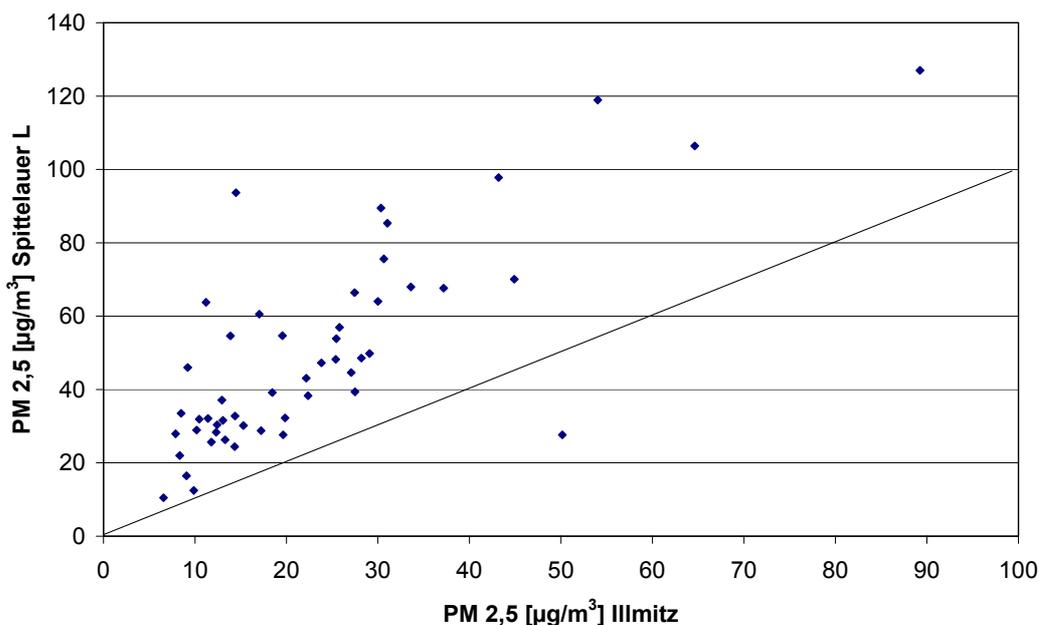


Abbildung 32: Korrelation der PM 2,5-Tagesmittelwerte in Illmitz und an der Spittelauer Lände



3.3.2 Vergleich mit Grenz- und Richtwerten

Derzeit existieren in Österreich lediglich Immissionsgrenzwerte für PM 10 (siehe Kapitel 1.3) sowie für den Staubinhaltsstoff Blei ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert). Für Arsen, Nickel und Cadmium werden die folgenden Grenzwerte auf EU-Ebene derzeit diskutiert: $7 \text{ ng}/\text{m}^3$ für Arsen, $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ für Nickel bzw. $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ für Cadmium, jeweils als Jahresmittelwert. Der Wert für Cadmium entspricht dem von der WHO empfohlenen Richtwert. In *Tabelle 6* werden die innerhalb der Messkampagne ermittelten Mittelwerte in Prozent der Höhe der Grenzwerte bzw. der Grenzwertvorschläge angegeben.

Tabelle 6: Höhe der Belastung einzelner Parameter in Relation zu den im Text angeführten Grenz- und Richtwerten

	Illmitz	Spittelauer Lände
PM 10	61%	134%
Blei	3%	9%
Arsen	29%	28%
Cadmium	7%	10%
Nickel	9%	26%

Bei PM 10 liegt die Belastung, wie bereits erwähnt, über dem (damals noch nicht in Kraft befindlichen) Grenzwert gemäß Immissionsschutzgesetz Luft. Alle anderen Konzentrationen liegen z.T. sogar deutlich unter den genannten Grenzwerten bzw. den Grenzwertvorschlägen.

3.3.3 Vergleich einzelner Komponenten

Für den Vergleich der *Konzentrationen* einzelner Inhaltsstoffe an den Messstellen Spittelauer Lände und Illmitz wurden nur jene Tage herangezogen, an denen eine Probenahme an beiden Standorten stattfand.

Sulfat, Nitrat und Ammonium finden sich primär in der Feinfraktion (PM 2,5) und unterliegen somit einem weitreichenden Schadstofftransport in der Atmosphäre. *Abbildung 33* (Sulfat), *Abbildung 34* (Nitrat) und *Abbildung 35* (Ammonium) zeigen die Verläufe in PM 2,5 in Illmitz sowie an der Spittelauer Lände.

Abbildung 33: Sulfat in PM 2,5 in Illmitz und an der Spittelauer Lände

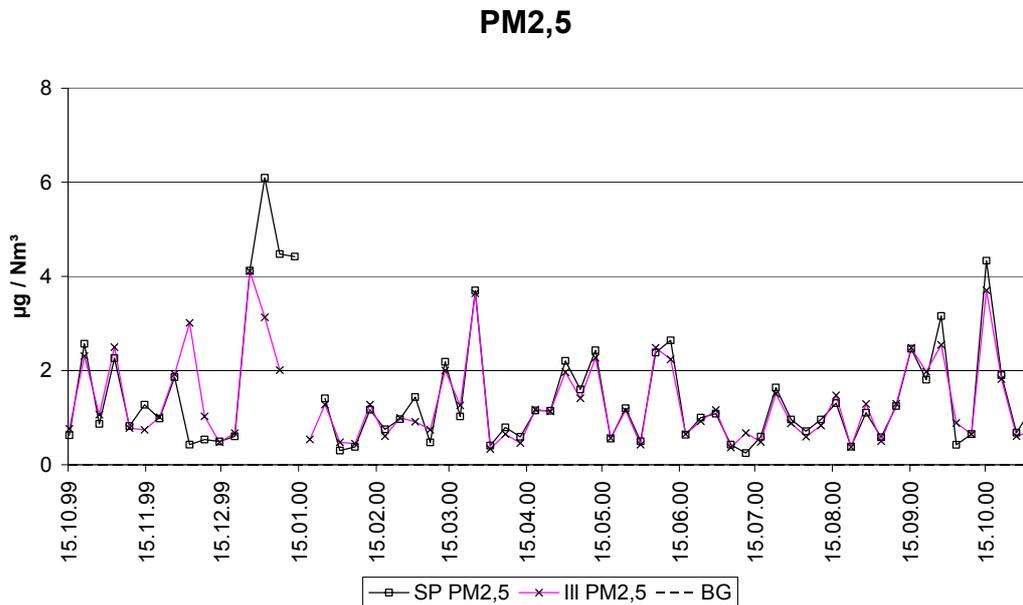


Abbildung 34: Nitrat in PM 2,5 in Illmitz und an der Spittelauer Lände

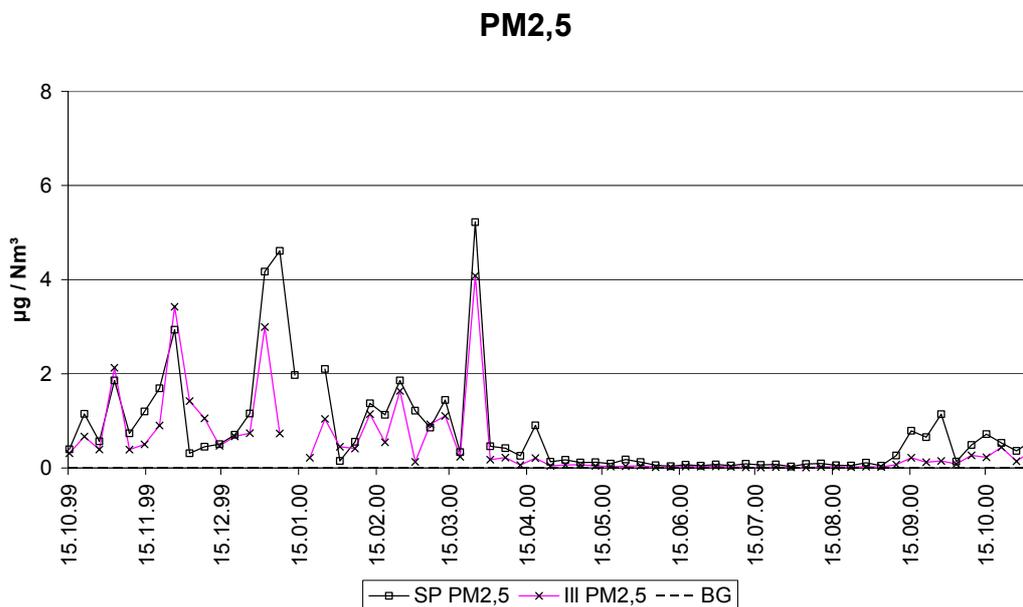
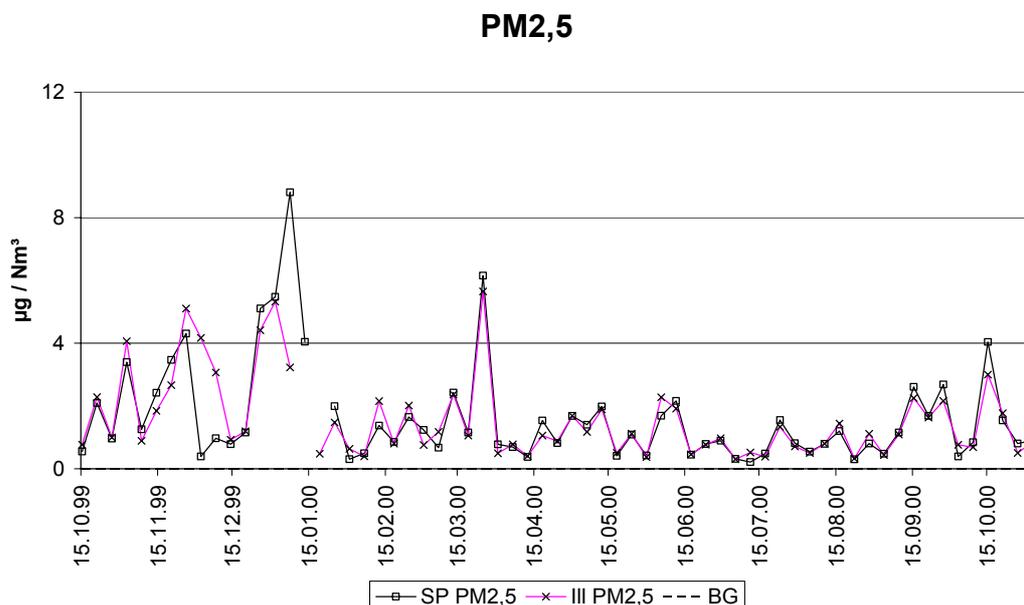


Abbildung 35: Ammonium in PM 2,5 in Illmitz und an der Spittelauer Lände



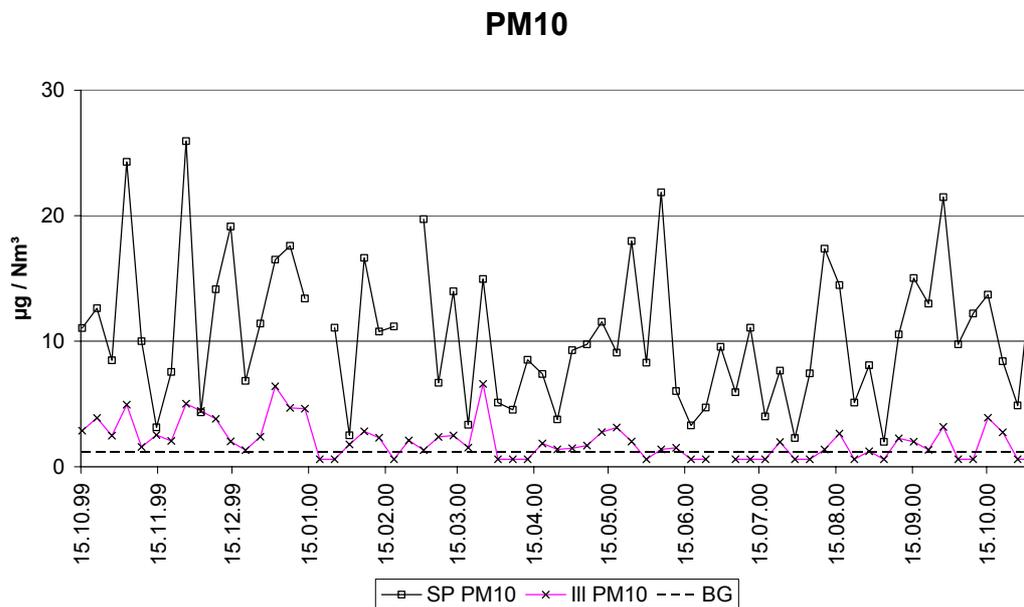
Sulfat zeigt über weite Zeiträume an beiden Standorten einen fast identen Verlauf. Im Schnitt ist die Sulfatbelastung (über all jene Tage, von denen Messwerte von beiden Standorten vorliegen) an der Spittelauer Lände lediglich 5 % höher als in Illmitz. Dies ist ein eindeutiger Hinweis, dass es sich hier tatsächlich um eine großflächig repräsentative Vorbelastung handelt, die kaum von lokalen (d.h. Wiener) Emissionen beeinflusst wird.

Bei Nitrat sind die Verläufe auch ähnlich, die durchschnittliche Belastung ist an der Spittelauer Lände jedoch um etwa 50 % höher als in Illmitz. Dies bedeutet, dass auch an einem sehr verkehrsnahen (und damit NO_x-reichen) Standort immer noch im Schnitt zwei Drittel der Nitrat-Belastung durch eine großräumige Hintergrundbelastung erklärt werden können, der Rest durch lokale sowie regionale (im Großraum Wien verursachte) Emissionen.

Ammonium zeigt als Gegenion zu Nitrat und Sulfat so wie diese Komponenten an beiden Messstellen einen sehr ähnlichen Verlauf.

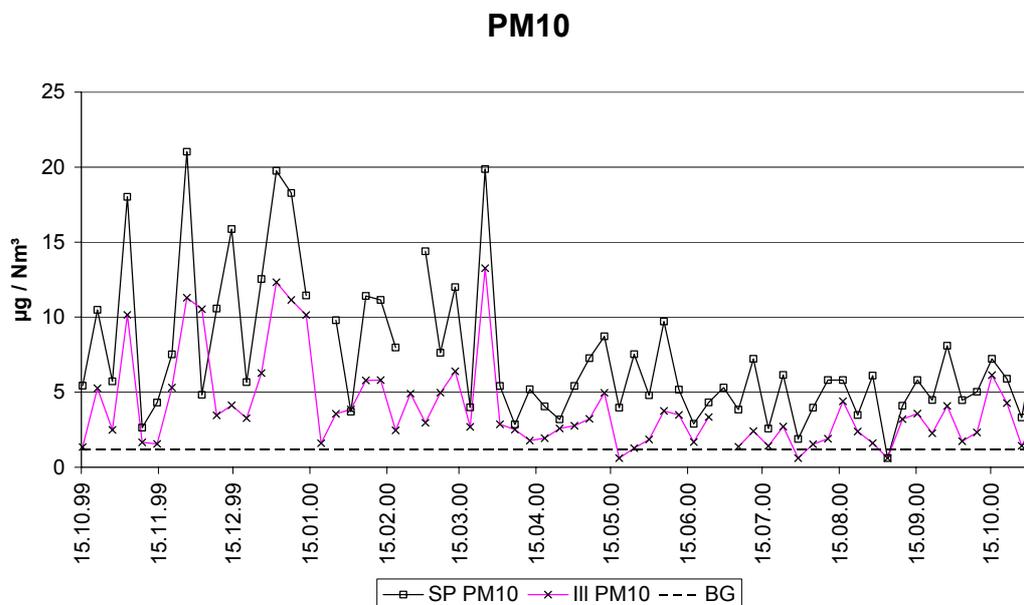
In *Abbildung 36* (elementarer Kohlenstoff) und *Abbildung 37* (organischer Kohlenstoff) werden die Verläufe der genannten Komponenten an der Spittelauer Lände sowie in Illmitz gezeigt.

Abbildung 36: Elementarer Kohlenstoff in PM 10 in Illmitz und an der Spittelauer Lände



Die Konzentration von EC in der Spittelauer Lände ist wesentlich höher als in Illmitz. Im Schnitt beträgt der Unterschied einen Faktor knapp über fünf. Hauptquelle der EC-Belastung in der Spittelauer Lände sind Kfz-Abgasemissionen.

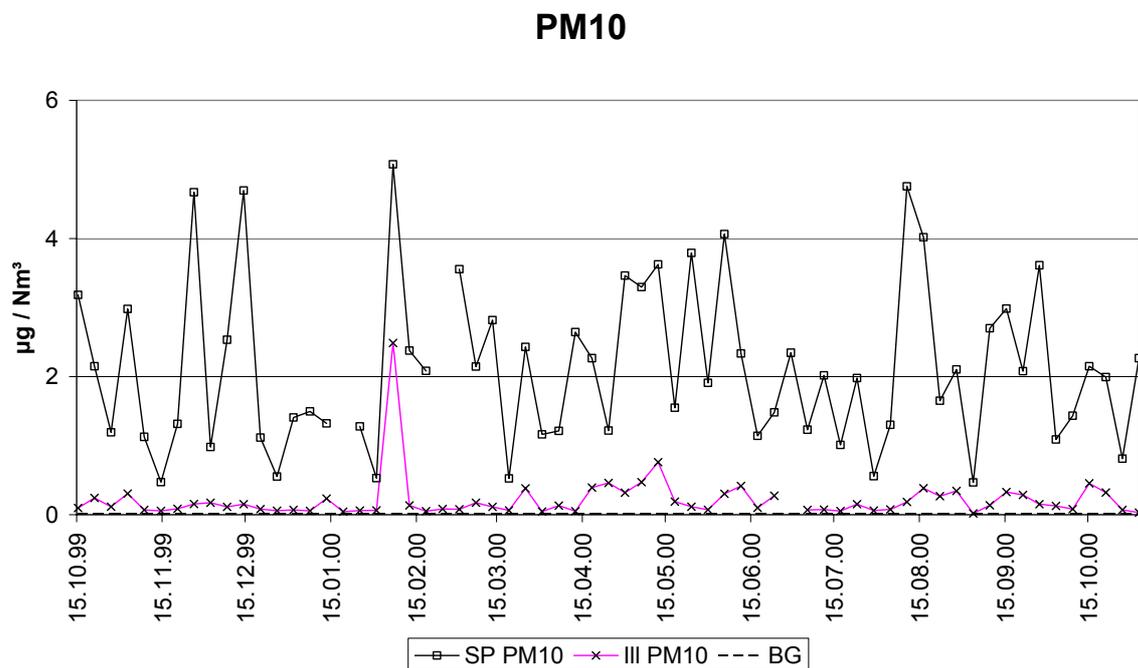
Abbildung 37: Organischer Kohlenstoff in PM 10 in Illmitz und an der Spittelauer Lände



Der Unterschied in der Konzentration bei den organischen Verbindungen ist wesentlich geringer als jener beim elementaren Kohlenstoff. Die Verläufe sind ähnlich, im Schnitt ist die Belastung in der Spittelauer Lände etwa doppelt so hoch wie in Illmitz. Dies legt nahe, dass immerhin etwa 50 % der Belastung an der Spittelauer Lände auf großräumige Vorbelastung zurückzuführen ist.

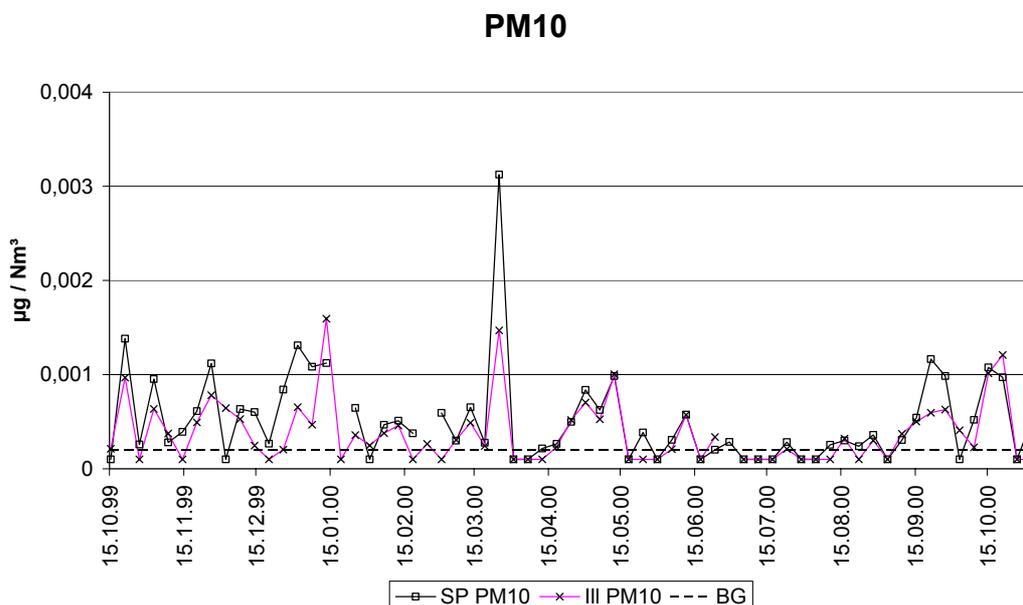
Bei den Schwermetallen ergeben sich je nach Metall unterschiedliche Verhältnisse. Der Verlauf der Eisenkonzentration in PM 10 ist in *Abbildung 38* dargestellt.

Abbildung 38: Eisen in PM 10 in Illmitz und an der Spittelauer Lände



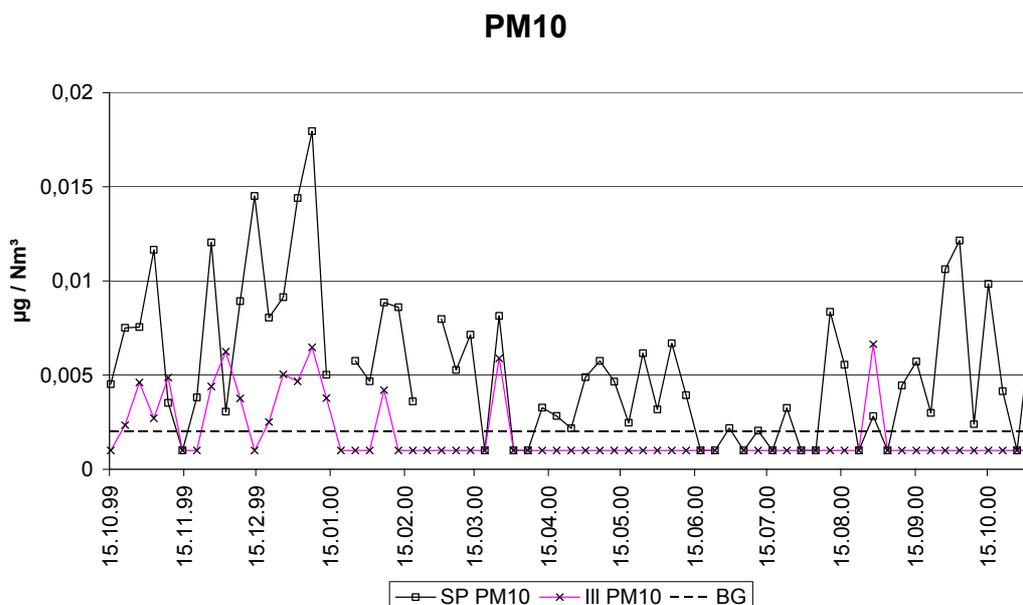
Die Belastung an der Spittelauer Lände ist im Schnitt fast neunmal so hoch wie in Illmitz. Dies ist auf lokale Quellen wie U-Bahngleise bzw. Straßenbahngleise im unmittelbaren Nahbereich der Messstelle an der Messstelle Spittelauer Lände zurückzuführen.

Abbildung 39: Cadmium in PM 10 in Illmitz und an der Spittelauer Lände



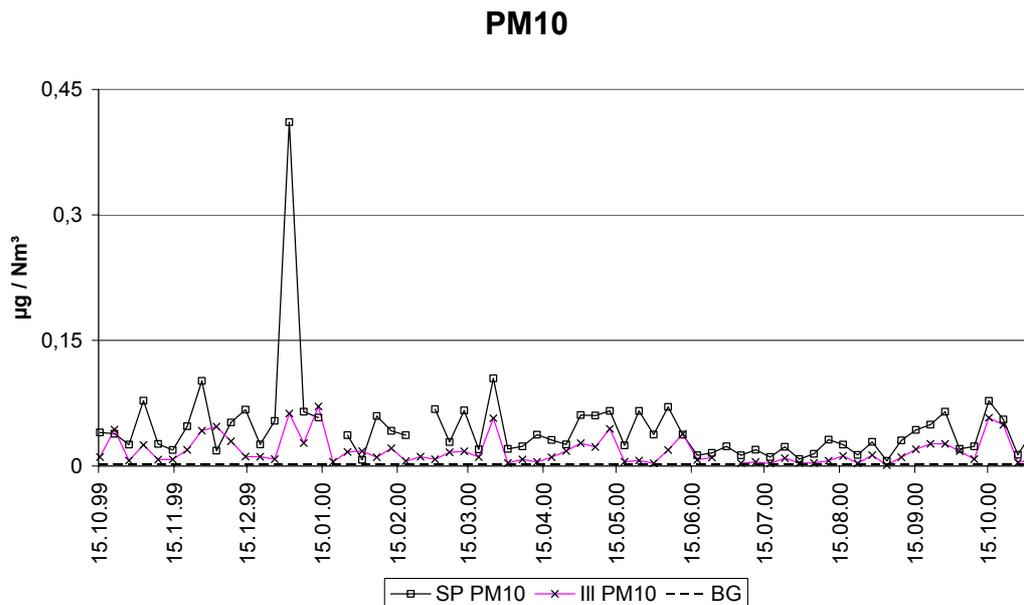
Die Cadmiumverläufe ähneln sich an den beiden Messstellen. Auch die Konzentrationen liegen in einem ähnlichen Bereich. Im Schnitt ist die Belastung an der Spittelauer Lände um etwa 25 % höher als in Illmitz; ein Großteil der Belastung dürfte folglich der großräumigen Hintergrundbelastung zuzuschreiben sein. Dafür spricht auch, dass sich Cadmium (im Gegensatz zu Eisen) hauptsächlich in der PM 2,5-Fraktion findet (s. Tab. 4 und 5).

Abbildung 40: Nickel in PM 10 in Illmitz und an der Spittelauer Lände



Nickel ist an der Messstelle Spittelauer Lände in einer im Schnitt etwa 2,5-mal höheren Konzentration anzutreffen als in Illmitz. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf nicht näher identifizierte Ni-Quellen im Nahbereich der Spittelauer Lände. In Illmitz lag die Belastung jedoch häufig unter der Bestimmungsgrenze.

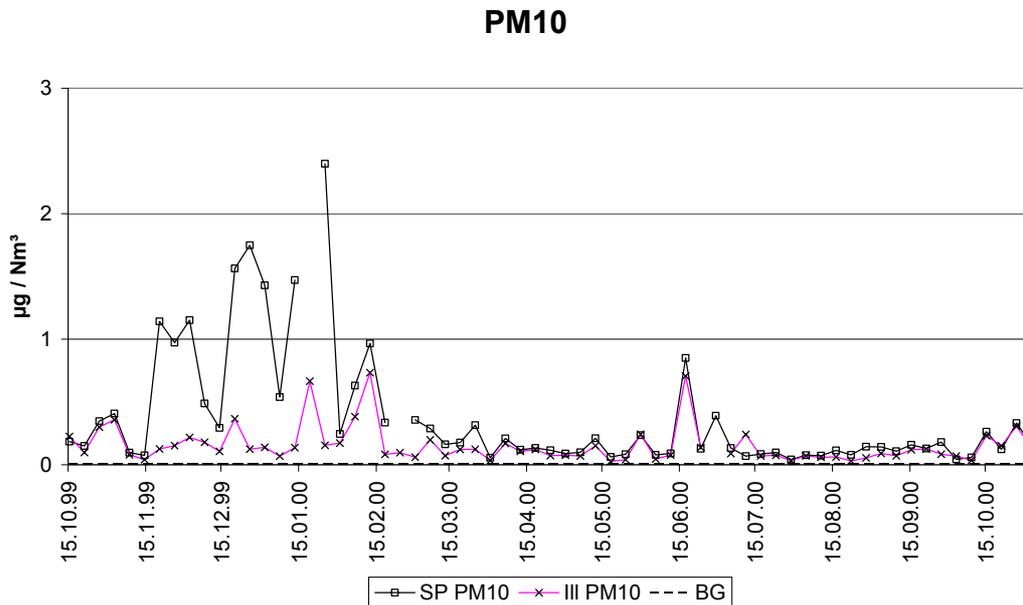
Abbildung 41: Blei in PM 10 in Illmitz und an der Spittelauer Lände



Die Konzentration an Blei ist im Schnitt in der Spittelauer Lände mehr als doppelt so hoch wie in Illmitz. Das heißt, etwa die Hälfte der Belastung in der Spittelauer Lände ist der großflächigen Hintergrundbelastung zuzuschreiben, wohingegen der Rest auf lokale Emissionen zurückzuführen ist, höchstwahrscheinlich den Verkehr. Die hohe Belastung am 1.1.2000 in Wien ist eine Folge der Silvesterfeuerwerke.

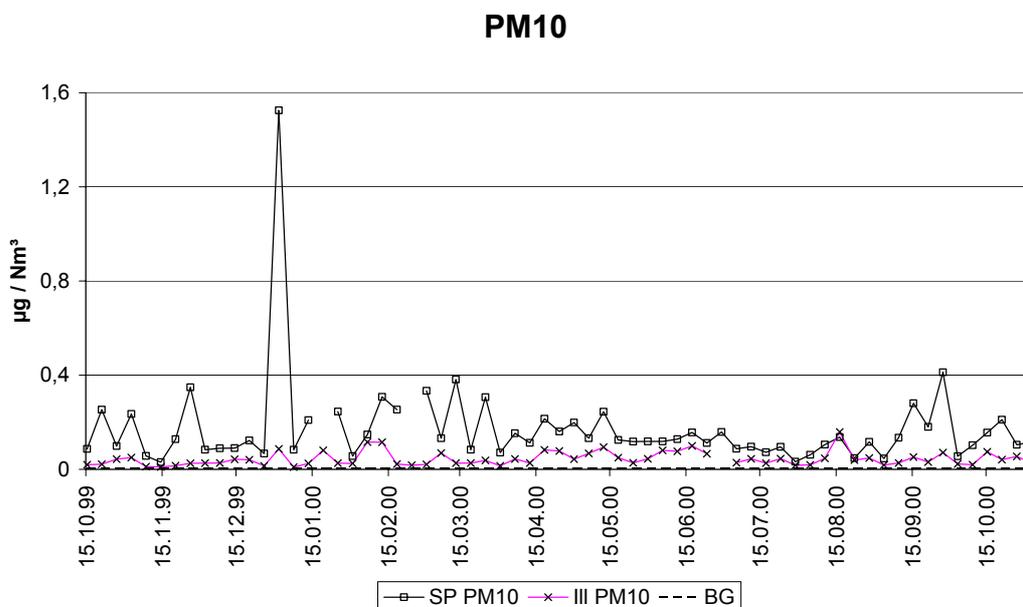
Die Situation bei den basischen Kationen ist den folgenden Abbildungen zu entnehmen.

Abbildung 42: Natrium in PM 10 in Illmitz und an der Spittelauer Lände



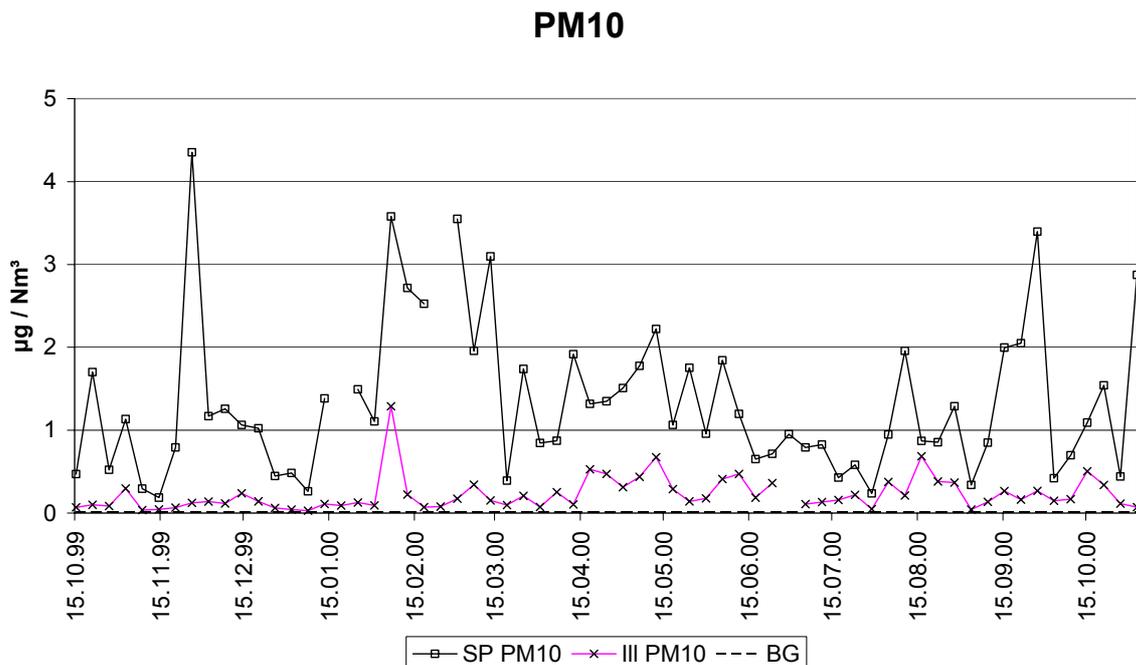
Im Sommer liegen die Na-Konzentrationen an den beiden Messstellen in einem sehr ähnlichen Bereich. Im Winter allerdings werden an der Spittelauer Lände wesentlich höhere Konzentrationen gemessen, die auf den Einsatz von Streusalz zurückzuführen sind.

Abbildung 43: Magnesium in PM 10 in Illmitz und an der Spittelauer Lände



Die Magnesium-Konzentrationen liegen, wie in *Abbildung 44* an dem Standort Spittelauer Lände deutlich über jenen in Illmitz (im Schnitt um einen Faktor drei höher). Wichtigste Quelle dürfte die verkehrsbedingte Wiederaufwirbelung von Straßenabrieb, Straßenstaub und geogenen Materialien sein.

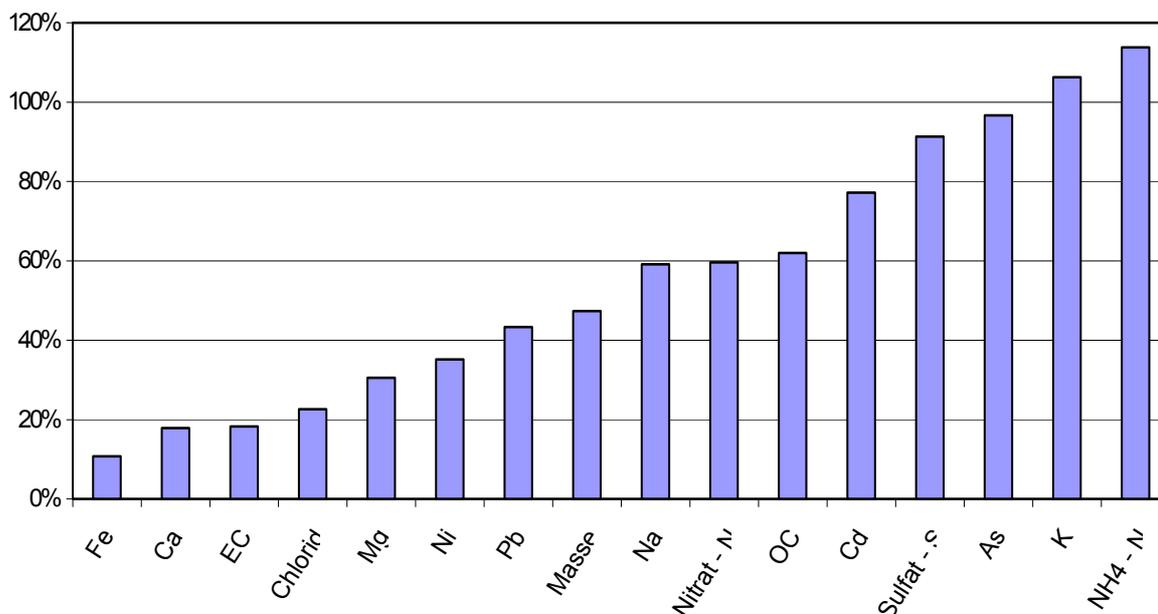
Abbildung 44: Kalzium in PM 10 in Illmitz und an der Spittelauer Lände



Die Kalzium-Belastung ist an der Spittelauer Lände im Schnitt mehr als fünfmal so hoch wie in Illmitz. Auch hier dürfte die verkehrsbedingte Wiederaufwirbelung von Straßenabrieb, Straßenstaub und geogenen Materialien wichtigste Quelle sein.

In *Abbildung 45* ist das mittlere Verhältnis einzelner Komponenten in der PM 10-Fraktion in Illmitz im Vergleich zur Spittelauer Lände zusammengefasst. 100 % bedeuten, dass in Illmitz die gleichen mittleren Konzentrationen wie in der Spittelauer Lände gefunden wurden. Für diese Auswertung wurden nur Tage berücksichtigt, an denen Messdaten von beiden Messstellen vorliegen.

Abbildung 45: Verhältnis einzelner Staubinhaltsstoffe in der PM 10-Fraktion in Illmitz und an der Spittelauer Lände



Liegen die Werte in Illmitz und an der Spittelauer Lände in einem ähnlichen Bereich, so ist dies ein Hinweis darauf, dass diese Komponenten in einem großräumig einheitlichen Konzentrationsniveau vorliegen und lokale Quellen keinen wesentlichen Beitrag zur Belastung liefern. Dies gilt etwa für die Sulfat- und Ammonium-Belastung, sowie Cadmium und Arsen.

Für jene Komponenten, bei denen das Verhältnis sehr klein ist, existieren Quellen im Nahbereich der Messstelle Spittelauer Lände.

Eisen ist voraussichtlich auf Emissionen der nahe gelegenen U-Bahn bzw. Straßenbahn zurückzuführen (Schienenantrieb), wohingegen die wichtigsten Quellen für Kalzium und Magnesium (die Wiederaufwirbelung von) Straßenantrieb sein dürfte.

EC ist in erster Linie auf Abgasemissionen zurückzuführen, z.T. auch OC. Die Auswertungen in Bezug auf Nickel, Cadmium und Blei sind insofern mit einer hohen Unsicherheit behaftet, da etliche der analysierten Werte unter der Bestimmungsgrenze lagen.

4 ÜBERSICHT ALLER ERHALTENEN DATEN

4.1 Ergebnisse aus Illmitz – PM 10

	Probe- nahme Datum	As [µg/Nm ³]	Cd [µg/Nm ³]	Fe [µg/Nm ³]	Ni [µg/Nm ³]	Pb [µg/Nm ³]
1	15.10.1999	<0,002	0,00021	0,095	<0,002	0,011
2	21.10.1999	0,0035	0,00097	0,24	0,0023	0,043
3	27.10.1999	<0,002	<0,0002	0,12	0,0046	0,0065
4	02.11.1999	<0,002	0,00064	0,30	0,0027	0,025
5	08.11.1999	<0,002	0,00037	0,068	0,0049	0,0076
6	14.11.1999	<0,002	<0,0002	0,057	<0,002	0,0078
7	20.11.1999	0,0022	0,00049	0,086	<0,002	0,019
8	26.11.1999	0,0031	0,00078	0,15	0,0044	0,042
9	02.12.1999	<0,002	0,00064	0,17	0,0062	0,047
10	09.12.1999	<0,002	0,00053	0,12	0,0038	0,030
11	15.12.1999	<0,002	0,00025	0,15	<0,002	0,011
12	21.12.1999	<0,002	<0,0002	0,082	0,0025	0,011
13	27.12.1999	<0,002	0,00020	0,058	0,0050	0,0081
14	02.01.2000	0,018	0,00065	0,067	0,0047	0,063
15	08.01.2000	<0,002	0,00047	0,055	0,0065	0,027
16	14.01.2000	0,0055	0,0016	0,23	0,0038	0,071
17	20.01.2000	<0,002	<0,0002	0,042	<0,002	0,0049
18	26.01.2000	<0,002	0,00036	0,061	<0,002	0,017
19	01.02.2000	<0,002	0,00025	0,064	<0,002	0,018
20	06.02.2000	0,0025	0,00038	2,5	0,0042	0,010
21	12.02.2000	0,0049	0,00046	0,14	<0,002	0,021
22	18.02.2000	<0,002	<0,0002	0,052	<0,002	0,0059
23	24.02.2000	<0,002	0,00026	0,084	<0,002	0,011
24	01.03.2000	<0,002	<0,0002	0,079	<0,002	0,0079
25	07.03.2000	<0,002	0,00031	0,17	<0,002	0,016
26	13.03.2000	<0,002	0,00049	0,11	<0,002	0,018
27	19.03.2000	<0,002	0,00024	0,062	<0,002	0,011
28	25.03.2000	0,0057	0,0015	0,38	0,0059	0,057
29	31.03.2000	<0,002	<0,0002	0,047	<0,002	0,0036
30	06.04.2000	<0,002	<0,0002	0,13	<0,002	0,0079
31	12.04.2000	<0,002	<0,0002	0,052	<0,002	0,0049
32	18.04.2000	<0,002	0,00023	0,39	<0,002	0,010
33	24.04.2000	<0,002	0,00052	0,46	<0,002	0,018
34	30.04.2000	<0,002	0,00070	0,32	<0,002	0,027
35	06.05.2000	0,0034	0,00053	0,47	<0,002	0,023
36	12.05.2000	<0,002	0,0010	0,76	<0,002	0,044
37	18.05.2000	<0,002	<0,0002	0,19	<0,002	0,0052
38	24.05.2000	<0,002	<0,0002	0,12	<0,002	0,0065
39	30.05.2000	<0,002	<0,0002	0,071	<0,002	0,0032
40	05.06.2000	<0,002	0,00021	0,30	<0,002	0,019
41	11.06.2000	0,0020	0,00057	0,42	<0,002	0,038
42	17.06.2000	<0,002	<0,0002	0,098	<0,002	0,0075
43	23.06.2000	<0,002	0,00034	0,27	<0,002	0,010
44						
45	05.07.2000	<0,002	<0,0002	0,069	<0,002	0,0035
46	11.07.2000	<0,002	<0,0002	0,075	<0,002	0,0047
47	17.07.2000	<0,002	<0,0002	0,054	<0,002	0,0030
48	23.07.2000	<0,002	0,00021	0,15	<0,002	0,0094
49	29.07.2000	<0,002	<0,0002	0,061	<0,002	0,0036
50	04.08.2000	<0,002	<0,0002	0,076	<0,002	0,0035
51	10.08.2000	<0,002	<0,0002	0,19	<0,002	0,0063
52	16.08.2000	0,0028	0,00032	0,38	<0,002	0,012
53	22.08.2000	<0,002	<0,0002	0,27	<0,002	0,0032
54	28.08.2000	<0,002	0,00030	0,35	0,0066	0,013
55	03.09.2000	<0,002	<0,0002	0,017	<0,002	<0,002
56	09.09.2000	<0,002	0,00037	0,14	<0,002	0,011
57	15.09.2000	0,0026	0,00050	0,33	<0,002	0,020
58	21.09.2000	<0,002	0,00060	0,29	<0,002	0,026
59	27.09.2000	<0,002	0,00063	0,15	<0,002	0,026
60	03.10.2000	<0,002	0,00041	0,13	<0,002	0,018
61	09.10.2000	<0,002	0,00023	0,082	<0,002	0,0082
62	15.10.2000	0,0045	0,0010	0,45	<0,002	0,058
63	21.10.2000	0,0045	0,0012	0,32	<0,002	0,049
64	27.10.2000	<0,002	<0,0002	0,069	<0,002	0,0039
65	02.11.2000	<0,002	<0,0002	0,030	<0,002	0,0086

	Probe-	TC	EC	OC	OM
	nahme Datum				
1	15.10.1999	4,2	2,9	1,3	1,8
2	21.10.1999	9,2	3,9	5,3	7,4
3	27.10.1999	5,0	2,5	2,5	3,5
4	02.11.1999	15	5,0	10	14
5	08.11.1999	3,2	1,6	1,7	2,4
6	14.11.1999	4,1	2,5	1,6	2,2
7	20.11.1999	7,4	2,1	5,3	7,4
8	26.11.1999	16	5,0	11	15
9	02.12.1999	15	4,5	11	15
10	09.12.1999	7,3	3,8	3,5	4,9
11	15.12.1999	6,1	2,0	4,1	5,7
12	21.12.1999	4,6	1,3	3,3	4,6
13	27.12.1999	8,7	2,4	6,3	8,8
14	02.01.2000	19	6,4	12	17
15	08.01.2000	16	4,7	11	15
16	14.01.2000	15	4,6	10	14
17	20.01.2000	2,2	<1,2	1,6	2,2
18	26.01.2000	4,2	<1,2	3,6	5,0
19	01.02.2000	5,6	1,8	3,9	5,5
20	06.02.2000	8,6	2,8	5,8	8,1
21	12.02.2000	8,1	2,3	5,8	8,1
22	18.02.2000	3,1	<1,2	2,5	3,5
23	24.02.2000	7,0	2,1	4,9	6,9
24	01.03.2000	4,3	1,3	3,0	4,2
25	07.03.2000	7,3	2,4	5,0	7,0
26	13.03.2000	8,9	2,5	6,4	9,0
27	19.03.2000	4,2	1,5	2,7	3,8
28	25.03.2000	20	6,6	13	18
29	31.03.2000	3,5	<1,2	2,9	4,1
30	06.04.2000	3,1	<1,2	2,5	3,5
31	12.04.2000	2,4	<1,2	1,8	2,5
32	18.04.2000	3,8	1,9	1,9	2,7
33	24.04.2000	4,0	1,4	2,6	3,6
34	30.04.2000	4,2	1,5	2,8	3,9
35	06.05.2000	4,9	1,7	3,2	4,5
36	12.05.2000	7,7	2,8	5,0	7,0
37	18.05.2000	3,5	3,1	<1,2	<1,7
38	24.05.2000	3,3	2,0	1,3	1,8
39	30.05.2000	2,5	<1,2	1,9	2,7
40	05.06.2000	5,1	1,4	3,8	5,3
41	11.06.2000	5,0	1,5	3,5	4,9
42	17.06.2000	2,3	<1,2	1,7	2,4
43	23.06.2000	3,9	<1,2	3,3	4,6
44					
45	05.07.2000	2,0	<1,2	1,4	2,0
46	11.07.2000	3,0	<1,2	2,4	3,4
47	17.07.2000	2,0	<1,2	1,4	2,0
48	23.07.2000	4,7	2,0	2,7	3,8
49	29.07.2000	1,8	<1,2	<1,2	<1,7
50	04.08.2000	2,1	<1,2	1,5	2,1
51	10.08.2000	3,3	1,4	1,9	2,7
52	16.08.2000	7,0	2,6	4,4	6,2
53	22.08.2000	3,0	<1,2	2,4	3,4
54	28.08.2000	2,8	1,2	1,6	2,2
55	03.09.2000	1,5	<1,2	<1,2	<1,7
56	09.09.2000	5,5	2,3	3,2	4,5
57	15.09.2000	5,6	2,0	3,6	5,0
58	21.09.2000	3,6	1,3	2,3	3,2
59	27.09.2000	7,2	3,2	4,1	5,7
60	03.10.2000	2,3	<1,2	1,7	2,4
61	09.10.2000	2,9	<1,2	2,3	3,2
62	15.10.2000	10	3,9	6,1	8,5
63	21.10.2000	7,0	2,7	4,3	6,0
64	27.10.2000	2,0	<1,2	1,4	2,0
65	02.11.2000	4,0	<1,2	3,4	4,8

	Probe- nahme Datum	Chlorid [µg/Nm ³]	Nitrat - N [µg/Nm ³]	Sulfat - S [µg/Nm ³]	NH ₄ - N [µg/Nm ³]
1	15.10.1999	0,043	0,20	0,61	0,54
2	21.10.1999	0,064	0,96	2,8	3,2
3	27.10.1999	0,017	0,35	0,79	0,70
4	02.11.1999	0,15	1,5	2,0	2,8
5	08.11.1999	0,016	0,37	0,64	0,65
6	14.11.1999	0,017	0,49	0,96	1,7
7	20.11.1999	0,045	0,95	1,0	2,6
8	26.11.1999	0,17	3,7	1,6	4,6
9	02.12.1999	0,067	1,2	2,4	4,6
10	09.12.1999	0,14	1,4	1,2	3,1
11	15.12.1999	0,033	0,56	0,59	0,85
12	21.12.1999	0,039	0,97	0,77	1,2
13	27.12.1999	0,016	0,53	0,81	1,2
14	02.01.2000	0,073	4,5	5,7	8,8
15	08.01.2000	0,016	0,36	4,1	4,1
16	14.01.2000	0,037	0,70	6,5	5,0
17	20.01.2000	0,040	0,49	0,57	0,52
18	26.01.2000	0,063	0,39	0,50	0,71
19	01.02.2000	0,059	0,79	0,91	1,1
20	06.02.2000	0,27	0,67	0,66	0,39
21	12.02.2000	0,050	1,4	1,3	1,6
22	18.02.2000	0,016	0,44	0,65	0,68
23	24.02.2000	0,037	2,0	1,1	2,2
24	01.03.2000	0,0090	0,23	0,96	0,78
25	07.03.2000	0,010	0,96	0,84	1,1
26	13.03.2000	0,056	1,1	2,1	2,1
27	19.03.2000	0,0083	0,27	1,2	0,99
28	25.03.2000	0,29	4,6	3,5	7,6
29	31.03.2000	0,0075	0,23	0,35	0,48
30	06.04.2000	0,017	0,26	0,73	0,74
31	12.04.2000	0,15	0,061	0,39	0,39
32	18.04.2000	0,022	0,44	1,2	1,0
33	24.04.2000	0,023	0,13	1,2	0,80
34	30.04.2000	0,037	0,15	2,2	1,8
35	06.05.2000	0,025	0,14	1,5	1,3
36	12.05.2000	0,037	0,21	2,4	2,1
37	18.05.2000	0,013	0,064	0,66	0,54
38	24.05.2000	0,019	0,10	1,4	1,3
39	30.05.2000	0,020	0,17	0,47	0,40
40	05.06.2000	0,039	0,084	2,9	2,6
41	11.06.2000	0,028	0,075	2,4	1,9
42	17.06.2000	0,10	0,30	0,73	0,40
43	23.06.2000	0,023	0,086	1,1	0,76
44					
45	05.07.2000	0,0084	0,076	0,38	0,31
46	11.07.2000	0,028	0,11	0,72	0,55
47	17.07.2000	0,014	0,064	0,55	0,42
48	23.07.2000	0,016	0,067	1,6	1,3
49	29.07.2000	0,011	0,033	0,95	0,77
50	04.08.2000	<0,006	0,036	0,62	0,54
51	10.08.2000	0,011	0,053	0,88	0,75
52	16.08.2000	0,014	0,12	1,6	1,2
53	22.08.2000	0,0063	0,058	0,41	0,32
54	28.08.2000	0,011	0,086	1,3	1,0
55	03.09.2000	<0,006	0,060	0,53	0,43
56	09.09.2000	0,017	0,15	1,3	1,2
57	15.09.2000	0,021	0,44	2,6	2,4
58	21.09.2000	0,013	0,20	2,2	1,9
59	27.09.2000	0,043	0,41	2,6	2,8
60	03.10.2000	0,016	0,12	1,0	0,86
61	09.10.2000	0,014	0,38	0,92	1,1
62	15.10.2000	0,067	0,41	4,4	3,5
63	21.10.2000	0,087	0,54	2,0	1,9
64	27.10.2000	0,032	0,27	0,70	0,56
65	02.11.2000	0,19	0,52	0,76	0,99

	Probe- nahme Datum	Na [µg/Nm ³]	K [µg/Nm ³]	Mg [µg/Nm ³]	Ca [µg/Nm ³]	Konz. [µg/m ³]
1	15.10.1999	0,22	0,087	0,020	0,070	8,5
2	21.10.1999	0,098	0,36	0,022	0,099	34
3	27.10.1999	0,30	0,082	0,043	0,084	10
4	02.11.1999	0,36	0,60	0,050	0,30	43
5	08.11.1999	0,081	0,078	0,012	0,035	7,9
6	14.11.1999	0,041	0,16	0,010	0,044	14
7	20.11.1999	0,13	0,25	0,016	0,065	24
8	26.11.1999	0,15	1,3	0,026	0,12	54
9	02.12.1999	0,22	0,75	0,026	0,14	50
10	09.12.1999	0,18	0,51	0,027	0,12	38
11	15.12.1999	0,11	0,18	0,043	0,24	14
12	21.12.1999	0,37	0,14	0,040	0,14	15
13	27.12.1999	0,12	0,29	0,015	0,062	19
14	02.01.2000	0,14	1,4	0,087	0,042	83
15	08.01.2000	0,068	0,64	0,0094	0,031	46
16	14.01.2000	0,14	0,61	0,025	0,11	58
17	20.01.2000	0,67	0,089	0,081	0,091	9,7
18	26.01.2000	0,16	0,18	0,026	0,13	12
19	01.02.2000	0,17	0,24	0,025	0,094	19
20	06.02.2000	0,38	0,38	0,12	1,3	65
21	12.02.2000	0,73	0,30	0,12	0,22	30
22	18.02.2000	0,083	0,095	0,022	0,073	11
23	24.02.2000	0,096	0,26	0,017	0,078	27
24	01.03.2000	0,059	0,13	0,021	0,17	14
25	07.03.2000	0,20	0,24	0,069	0,34	25
26	13.03.2000	0,072	0,30	0,027	0,15	31
27	19.03.2000	0,12	0,12	0,026	0,096	20
28	25.03.2000	0,12	1,1	0,038	0,21	89
29	31.03.2000	0,034	0,080	0,015	0,075	12
30	06.04.2000	0,17	0,076	0,044	0,25	15
31	12.04.2000	0,11	0,30	0,027	0,10	9,2
32	18.04.2000	0,12	0,11	0,083	0,53	22
33	24.04.2000	0,072	0,17	0,078	0,47	22
34	30.04.2000	0,076	0,22	0,043	0,31	25
35	06.05.2000	0,070	0,15	0,068	0,44	26
36	12.05.2000	0,15	0,29	0,094	0,68	37
37	18.05.2000	0,026	0,056	0,050	0,29	14
38	24.05.2000	0,040	0,088	0,028	0,14	17
39	30.05.2000	0,24	0,070	0,045	0,18	11
40	05.06.2000	0,046	0,15	0,080	0,41	31
41	11.06.2000	0,077	0,17	0,077	0,47	27
42	17.06.2000	0,71	0,061	0,10	0,19	13
43	23.06.2000	0,14	0,086	0,067	0,36	17
44						
45	05.07.2000	0,089	0,045	0,028	0,11	8,3
46	11.07.2000	0,24	0,12	0,044	0,13	12
47	17.07.2000	0,070	0,047	0,027	0,16	9,1
48	23.07.2000	0,074	0,031	0,045	0,22	20
49	29.07.2000	0,035	0,056	0,018	0,050	9,9
50	04.08.2000	0,071	0,055	0,019	0,38	10
51	10.08.2000	0,060	0,094	0,047	0,21	14
52	16.08.2000	0,062	0,033	0,16	0,69	29
53	22.08.2000	0,031	0,053	0,040	0,38	13
54	28.08.2000	0,054	0,15	0,048	0,37	18
55	03.09.2000	0,090	0,044	0,018	0,043	6,6
56	09.09.2000	0,071	0,12	0,027	0,14	27
57	15.09.2000	0,12	0,19	0,052	0,27	27
58	21.09.2000	0,13	0,21	0,031	0,16	20
59	27.09.2000	0,084	0,39	0,071	0,27	30
60	03.10.2000	0,068	0,033	0,023	0,15	12
61	09.10.2000	0,036	0,35	0,020	0,17	13
62	15.10.2000	0,23	0,46	0,075	0,51	45
63	21.10.2000	0,15	0,38	0,041	0,34	28
64	27.10.2000	0,31	0,012	0,054	0,11	
65	02.11.2000	0,13	0,027	0,027	0,072	

4.2 Ergebnisse aus Illmitz – PM 2,5

	Probe-	As	Cd	Fe	Ni	Pb
	nahme	[µg/Nm ³]				
	Datum					
1	16.10.1999	<0,002	0,00023	0,039	0,0027	0,010
2	22.10.1999	<0,002	0,0024	0,061	0,0024	0,054
3	28.10.1999	<0,002	<0,0002	0,063	0,0038	0,010
4	03.11.1999	<0,002	0,00083	0,073	0,0047	0,033
5	09.11.1999	<0,002	0,00035	0,038	0,0056	0,0094
6	14.11.1999	<0,002	<0,0002	0,016	0,011	0,0071
7	20.11.1999	0,0022	0,00049	0,031	<0,002	0,019
8	26.11.1999	0,0031	0,00084	0,068	0,0037	0,041
9	02.12.1999	<0,002	0,00063	0,10	0,0064	0,043
10	08.12.1999	<0,002	0,00048	0,061	0,0046	0,025
11	14.12.1999	<0,002	0,00048	0,029	<0,002	0,011
12	20.12.1999	<0,002	<0,0002	0,020	<0,002	0,0076
13	26.12.1999	0,0033	0,00080	0,062	0,0060	0,032
14	01.01.2000	0,0050	0,00081	0,038	0,0047	0,043
15	07.01.2000	0,0050	0,00085	0,040	0,0030	0,028
16						
17	19.01.2000	<0,002	<0,0002	0,051	<0,002	0,0042
18	25.01.2000	<0,002	0,00052	0,068	<0,002	0,020
19	31.01.2000	<0,002	0,00021	0,044	0,0041	0,0071
20	06.02.2000	<0,002	0,00038	0,96	<0,002	0,0092
21	12.02.2000	0,0037	0,00041	0,043	<0,002	0,019
22	18.02.2000	<0,002	<0,0002	0,011	<0,002	0,0048
23	24.02.2000	<0,002	0,00030	0,040	0,0033	0,0098
24	01.03.2000	<0,002	<0,0002	0,026	<0,002	0,0074
25	07.03.2000	<0,002	0,00029	0,049	<0,002	0,016
26	13.03.2000	<0,002	0,00045	0,023	<0,002	0,016
27	19.03.2000	<0,002	0,00022	0,023	<0,002	0,0097
28	25.03.2000	0,0048	0,0014	0,13	0,0046	0,050
29	31.03.2000	<0,002	<0,0002	0,014	<0,002	0,0038
30	06.04.2000	<0,002	<0,0002	0,019	<0,002	0,0040
31	12.04.2000	<0,002	0,00041	0,014	<0,002	0,0046
32	18.04.2000	<0,002	0,00023	0,078	<0,002	0,0083
33	24.04.2000	<0,002	0,00047	0,11	<0,002	0,014
34	30.04.2000	<0,002	0,00055	0,072	0,0035	0,019
35	06.05.2000	0,0025	0,00042	0,083	<0,002	0,017
36	12.05.2000	<0,002	0,00072	0,18	0,0020	0,031
37	18.05.2000	<0,002	<0,0002	0,041	<0,002	0,0038
38	24.05.2000	<0,002	<0,0002	0,042	<0,002	0,0052
39	30.05.2000	<0,002	<0,0002	0,015	<0,002	0,0027
40	05.06.2000	<0,002	<0,0002	0,068	<0,002	0,015
41	11.06.2000	<0,002	0,00045	0,080	<0,002	0,031
42	17.06.2000	<0,002	<0,0002	0,013	0,0027	0,0022
43	23.06.2000	<0,002	<0,0002	0,031	<0,002	0,0046
44	29.06.2000	<0,002	0,00027	0,057	<0,002	0,0079
45	05.07.2000	<0,002	<0,0002	0,023	<0,002	0,0031
46	11.07.2000	<0,002	<0,0002	0,018	<0,002	0,0039
47	17.07.2000	<0,002	<0,0002	0,011	<0,002	0,0024
48	23.07.2000	<0,002	<0,0002	0,027	<0,002	0,0079
49	29.07.2000	<0,002	<0,0002	0,013	<0,002	0,0031
50	04.08.2000	<0,002	<0,0002	<0,01	<0,002	<0,002
51	10.08.2000	<0,002	<0,0002	0,057	<0,002	0,0058
52	16.08.2000	0,0022	0,00034	0,076	<0,002	0,010
53	22.08.2000	<0,002	<0,0002	0,049	<0,002	<0,002
54	28.08.2000	<0,002	0,00022	0,060	<0,002	0,011
55	03.09.2000	<0,002	<0,0002	0,032	<0,002	<0,002
56	09.09.2000	0,0025	0,00022	0,040	<0,002	0,0087
57	15.09.2000	0,0029	0,00032	0,10	<0,002	0,017
58	21.09.2000	<0,002	0,00049	0,12	<0,002	0,023
59	27.09.2000	<0,002	0,00051	0,091	<0,002	0,021
60	03.10.2000	<0,002	0,00025	0,039	<0,002	0,012
61	09.10.2000	<0,002	<0,0002	0,028	<0,002	0,0057
62	15.10.2000	0,0028	0,00074	0,087	0,0037	0,043
63	21.10.2000	0,0031	0,00082	0,070	<0,002	0,036
64	27.10.2000	<0,002	<0,0002	0,015	<0,002	0,0036
65	02.11.2000	<0,002	<0,0002	<0,01	0,0071	0,0075

	Probe-	TC	EC	OC	OM
	nahme	[µg C/Nm ³]	[µg C/Nm ³]	[µg C/Nm ³]	[µg/Nm ³]
	Datum				
1	16.10.1999	6,9	2,9	4,0	5,6
2	22.10.1999	11	2,9	7,8	11
3	28.10.1999	11	3,4	7,4	10
4	03.11.1999	17	4,6	13	18
5	09.11.1999	4,5	<1,2	3,9	5,5
6	14.11.1999	4,2	1,2	2,9	4,1
7	20.11.1999	7,7	2,1	5,6	7,8
8	26.11.1999	16	5,7	9,9	14
9	02.12.1999	14	4,3	9,4	13
10	08.12.1999	12	3,5	8,5	12
11	14.12.1999	5,1	1,5	3,6	5,0
12	20.12.1999	3,7	<1,2	3,1	4,3
13	26.12.1999	15	3,9	11	15
14	01.01.2000	26	8,2	18	25
15	07.01.2000	14	5,0	8,9	12
16					
17	19.01.2000	3,2	<1,2	2,6	3,6
18	25.01.2000	7,6	2,5	5,1	7,1
19	31.01.2000	6,0	1,5	4,5	6,3
20	06.02.2000	6,8	2,4	4,4	6,2
21	12.02.2000	7,3	2,2	5,1	7,1
22	18.02.2000	2,9	<1,2	2,3	3,2
23	24.02.2000	5,9	1,8	4,1	5,7
24	01.03.2000	3,7	<1,2	3,1	4,3
25	07.03.2000	6,3	1,9	4,4	6,2
26	13.03.2000	6,8	2,4	4,4	6,2
27	19.03.2000	3,6	<1,2	3,0	4,2
28	25.03.2000	18	5,7	13	18
29	31.03.2000	2,4	<1,2	1,8	2,5
30	06.04.2000	2,2	<1,2	1,6	2,2
31	12.04.2000	1,5	<1,2	<1,2	<1,7
32	18.04.2000	2,9	1,4	1,5	2,1
33	24.04.2000	2,5	<1,2	1,9	2,7
34	30.04.2000	3,4	<1,2	2,8	3,9
35	06.05.2000	3,6	<1,2	3,0	4,2
36	12.05.2000	4,7	<1,2	4,1	5,7
37	18.05.2000	3,9	<1,2	3,3	4,6
38	24.05.2000	2,5	<1,2	1,9	2,7
39	30.05.2000	2,1	<1,2	1,5	2,1
40	05.06.2000	3,5	1,3	2,3	3,2
41	11.06.2000	3,7	<1,2	3,1	4,3
42	17.06.2000	<1,2	<1,2	<1,2	<1,7
43	23.06.2000	2,2	<1,2	1,6	2,2
44	29.06.2000	2,0	<1,2	1,4	2,0
45	05.07.2000	1,2	<1,2	<1,2	<1,7
46	11.07.2000	1,7	<1,2	<1,2	<1,7
47	17.07.2000	<1,2	<1,2	<1,2	<1,7
48	23.07.2000	2,0	<1,2	1,4	2,0
49	29.07.2000	<1,2	<1,2	<1,2	<1,7
50	04.08.2000	1,4	<1,2	<1,2	<1,7
51	10.08.2000	2,5	<1,2	1,9	2,7
52	16.08.2000	5,1	1,9	3,3	4,6
53	22.08.2000	1,3	<1,2	<1,2	<1,7
54	28.08.2000	1,9	<1,2	1,3	1,8
55	03.09.2000	<1,2	<1,2	<1,2	<1,7
56	09.09.2000	2,6	1,3	1,3	1,8
57	15.09.2000	3,7	1,7	2,0	2,8
58	21.09.2000	2,4	<1,2	1,8	2,5
59	27.09.2000	5,2	2,0	3,2	4,5
60	03.10.2000	2,9	<1,2	2,3	3,2
61	09.10.2000	4,7	2,2	2,5	3,5
62	15.10.2000	9,3	2,7	6,6	9,2
63	21.10.2000	6,6	2,2	4,4	6,2
64	27.10.2000	3,6	<1,2	3,0	4,2
65	02.11.2000	4,9	<1,2	4,3	6,0

	Probe- nahme Datum	Chlorid [µg/Nm ³]	Nitrat - N [µg/Nm ³]	Sulfat - S [µg/Nm ³]	NH ₄ - N [µg/Nm ³]
1	16.10.1999	0,047	0,31	0,76	0,77
2	22.10.1999	0,077	0,67	2,3	2,3
3	28.10.1999	0,089	0,39	1,1	1,0
4	03.11.1999	0,32	2,1	2,5	4,1
5	09.11.1999	0,020	0,39	0,78	0,89
6	14.11.1999	0,017	0,50	0,74	1,8
7	20.11.1999	0,028	0,90	1,0	2,7
8	26.11.1999	0,18	3,4	1,9	5,1
9	02.12.1999	0,13	1,4	3,0	4,2
10	08.12.1999	0,038	1,1	1,0	3,1
11	14.12.1999	0,019	0,47	0,48	0,92
12	20.12.1999	0,017	0,67	0,67	1,2
13	26.12.1999	0,022	0,74	4,1	4,4
14	01.01.2000	0,11	3,0	3,1	5,3
15	07.01.2000	0,025	0,73	2,0	3,2
16					
17	19.01.2000	0,012	0,22	0,54	0,48
18	25.01.2000	0,0076	1,0	1,3	1,5
19	31.01.2000	0,026	0,45	0,48	0,63
20	06.02.2000	0,051	0,41	0,45	0,40
21	12.02.2000	0,039	1,1	1,3	2,2
22	18.02.2000	0,017	0,55	0,61	0,80
23	24.02.2000	0,019	1,6	1,0	2,0
24	01.03.2000	<0,006	0,13	0,91	0,75
25	07.03.2000	0,024	0,93	0,74	1,2
26	13.03.2000	0,0085	1,1	2,0	2,4
27	19.03.2000	0,011	0,24	1,3	1,1
28	25.03.2000	0,055	4,1	3,6	5,6
29	31.03.2000	0,030	0,18	0,34	0,49
30	06.04.2000	0,015	0,22	0,65	0,78
31	12.04.2000	0,018	0,060	0,46	0,40
32	18.04.2000	0,020	0,21	1,2	1,1
33	24.04.2000	0,021	0,043	1,1	0,88
34	30.04.2000	0,035	0,066	2,0	1,7
35	06.05.2000	0,028	0,066	1,4	1,2
36	12.05.2000	0,023	0,044	2,3	1,9
37	18.05.2000	0,0079	0,031	0,56	0,50
38	24.05.2000	0,013	0,037	1,2	1,1
39	30.05.2000	0,013	0,048	0,43	0,37
40	05.06.2000	0,028	0,018	2,5	2,3
41	11.06.2000	0,030	0,020	2,2	1,9
42	17.06.2000	0,010	0,031	0,65	0,46
43	23.06.2000	0,014	0,027	0,92	0,77
44	29.06.2000	0,013	0,032	1,2	0,97
45	05.07.2000	0,014	0,022	0,37	0,30
46	11.07.2000	0,0076	0,014	0,67	0,52
47	17.07.2000	<0,006	0,0090	0,49	0,38
48	23.07.2000	0,0081	0,021	1,5	1,3
49	29.07.2000	0,0069	0,014	0,88	0,71
50	04.08.2000	<0,006	0,010	0,59	0,50
51	10.08.2000	<0,006	0,019	0,83	0,80
52	16.08.2000	0,011	0,026	1,5	1,4
53	22.08.2000	<0,006	0,016	0,38	0,32
54	28.08.2000	<0,006	0,028	1,3	1,1
55	03.09.2000	<0,006	0,019	0,50	0,44
56	09.09.2000	0,021	0,072	1,3	1,1
57	15.09.2000	0,14	0,22	2,5	2,3
58	21.09.2000	0,013	0,12	2,0	1,6
59	27.09.2000	0,043	0,15	2,5	2,2
60	03.10.2000	0,015	0,084	0,89	0,76
61	09.10.2000	0,050	0,27	0,65	0,68
62	15.10.2000	0,10	0,23	3,7	3,0
63	21.10.2000	0,064	0,44	1,8	1,8
64	27.10.2000	0,038	0,14	0,61	0,50
65	02.11.2000	0,16	0,36	0,72	0,85

	Probe- nahme Datum	Na [µg/Nm ³]	K [µg/Nm ³]	Mg [µg/Nm ³]	Ca [µg/Nm ³]	Konz. [µg/m ³]
1	16.10.1999	0,056	0,23	0,010	0,029	13
2	22.10.1999	0,15	1,1	0,043	0,10	23
3	28.10.1999	0,10	1,3	0,066	0,095	19
4	03.11.1999	0,16	1,5	0,033	0,094	40
5	09.11.1999	0,073	0,20	0,012	0,030	9,6
6	14.11.1999	0,034	0,28	0,0081	0,019	14
7	20.11.1999	0,073	0,31	0,0068	0,019	25
8	26.11.1999	0,12	0,74	0,012	0,029	55
9	02.12.1999	0,16	0,72	0,013	0,032	46
10	08.12.1999	0,087	0,61	0,012	0,037	34
11	14.12.1999	0,062	0,18	0,0064	0,022	12
12	20.12.1999	0,13	0,10	0,013	0,026	11
13	26.12.1999	0,096	0,67	0,012	0,035	48
14	01.01.2000	0,11	2,6	0,079	0,025	74
15	07.01.2000	0,085	0,58	<0,005	0,015	38
16						
17	19.01.2000	0,29	0,059	0,037	0,048	9,7
18	25.01.2000	0,10	0,29	0,0096	0,032	25
19	31.01.2000	0,058	0,18	0,0094	0,033	17
20	06.02.2000	0,12	0,35	0,066	0,46	32
21	12.02.2000	0,29	0,29	0,033	0,041	25
22	18.02.2000	0,052	0,12	0,0091	0,024	13
23	24.02.2000	0,051	0,23	0,0078	0,026	25
24	01.03.2000	0,034	0,13	0,0078	0,041	12
25	07.03.2000	0,062	0,26	0,013	0,043	21
26	13.03.2000	0,055	0,30	0,0072	0,027	26
27	19.03.2000	0,067	0,12	0,0094	0,021	14
28	25.03.2000	0,090	0,60	0,019	0,050	75
29	31.03.2000	0,021	0,071	0,0055	0,021	16
30	06.04.2000	0,080	0,61	0,020	0,075	11
31	12.04.2000	0,037	0,051	0,0082	0,028	8,2
32	18.04.2000	0,056	0,087	0,016	0,15	15
33	24.04.2000	0,044	0,14	0,014	0,14	15
34	30.04.2000	0,039	0,18	0,010	0,046	19
35	06.05.2000	0,038	0,11	0,013	0,10	17
36	12.05.2000	0,093	0,19	0,019	0,10	22
37	18.05.2000	0,013	0,032	0,012	0,062	9,7
38	24.05.2000	0,027	0,047	0,0067	0,027	12
39	30.05.2000	0,077	0,036	0,012	0,026	6,4
40	05.06.2000	0,029	0,12	0,016	0,15	23
41	11.06.2000	0,043	0,11	0,012	0,079	17
42	17.06.2000	0,16	0,026	0,021	0,029	6,4
43	23.06.2000	0,042	0,047	0,012	0,048	11
44	29.06.2000	0,090	0,065	0,014	0,056	11
45	05.07.2000	0,043	0,037	0,014	0,045	6,0
46	11.07.2000	0,069	0,083	0,0094	0,019	7,9
47	17.07.2000	0,032	0,027	0,0065	0,021	4,1
48	23.07.2000	0,038	0,078	0,0072	0,023	13
49	29.07.2000	0,021	0,037	<0,005	0,012	5,7
50	04.08.2000	0,040	0,047	0,012	0,028	8,5
51	10.08.2000	0,024	0,068	0,0082	0,039	11
52	16.08.2000	0,041	0,019	0,028	0,13	20
53	22.08.2000	0,022	0,049	0,017	0,13	6,8
54	28.08.2000	0,038	0,14	0,013	0,099	11
55	03.09.2000	0,043	0,028	0,0090	0,026	4,8
56	09.09.2000	0,040	0,092	0,012	0,045	11
57	15.09.2000	0,14	0,19	0,015	0,053	20
58	21.09.2000	0,088	0,18	0,011	0,052	15
59	27.09.2000	0,029	0,42	0,024	0,061	24
60	03.10.2000	0,031	0,011	0,020	0,042	10
61	09.10.2000	0,031	0,64	0,088	0,12	13
62	15.10.2000	0,095	0,98	0,053	0,14	39
63	21.10.2000	0,071	0,57	0,036	0,069	24
64	27.10.2000	0,10	0,0082	0,037	0,061	8,5
65	02.11.2000	0,082	0,014	0,044	0,064	14

4.3 Ergebnisse von der Spittelauer Lände – PM 10

	Probe- nahme Datum	As [µg/Nm ³]	Cd [µg/Nm ³]	Fe [µg/Nm ³]	Ni [µg/Nm ³]	Pb [µg/Nm ³]
1	15.10.1999	<0,002	<0,0002	3,2	0,0045	0,040
2	21.10.1999	0,0039	0,0014	2,1	0,0075	0,039
3	27.10.1999	<0,002	0,00026	1,2	0,0076	0,025
4	02.11.1999	0,0025	0,00095	3,0	0,012	0,078
5	08.11.1999	<0,002	0,00028	1,1	0,0035	0,026
6	14.11.1999	<0,002	0,00039	0,47	<0,002	0,019
7	20.11.1999	0,0027	0,00061	1,3	0,0038	0,047
8	26.11.1999	0,0037	0,0011	4,7	0,012	0,10
9	02.12.1999	<0,002	<0,0002	0,98	0,0031	0,018
10	08.12.1999	<0,002	0,00063	2,5	0,0089	0,052
11	14.12.1999	0,0021	0,00060	4,7	0,015	0,067
12	20.12.1999	<0,002	0,00027	1,1	0,0081	0,026
13	26.12.1999	0,0040	0,00084	0,55	0,0091	0,054
14	01.01.2000	0,0035	0,0013	1,4	0,014	0,41
15	07.01.2000	0,0073	0,0011	1,5	0,018	0,065
16	13.01.2000	0,0036	0,0011	1,3	0,0050	0,058
17						
18	25.01.2000	0,0021	0,00065	1,3	0,0058	0,037
19	31.01.2000	<0,002	<0,0002	0,53	0,0047	0,0075
20	06.02.2000	<0,002	0,00047	5,1	0,0089	0,060
21	12.02.2000	0,0040	0,00051	2,4	0,0086	0,042
22	18.02.2000	<0,002	0,00037	2,1	0,0036	0,037
23						
24	01.03.2000	<0,002	0,00059	3,6	0,0080	0,068
25	07.03.2000	<0,002	0,00030	2,1	0,0053	0,029
26	13.03.2000	0,0031	0,00065	2,8	0,0071	0,066
27	19.03.2000	<0,002	0,00028	0,53	<0,002	0,020
28	25.03.2000	0,0049	0,0031	2,4	0,0081	0,10
29	31.03.2000	<0,002	<0,0002	1,2	<0,002	0,020
30	06.04.2000	<0,002	<0,0002	1,2	<0,002	0,023
31	12.04.2000	<0,002	0,00022	2,6	0,0033	0,037
32	18.04.2000	<0,002	0,00026	2,3	0,0028	0,031
33	24.04.2000	<0,002	0,00050	1,2	0,0022	0,026
34	30.04.2000	0,0021	0,00084	3,5	0,0049	0,061
35	06.05.2000	0,0032	0,00062	3,3	0,0058	0,060
36	12.05.2000	0,0024	0,00098	3,6	0,0047	0,066
37	18.05.2000	<0,002	<0,0002	1,5	0,0025	0,025
38	24.05.2000	<0,002	0,00038	3,8	0,0062	0,066
39	30.05.2000	<0,002	<0,0002	1,9	0,0032	0,038
40	05.06.2000	<0,002	0,00031	4,1	0,0067	0,071
41	11.06.2000	<0,002	0,00057	2,3	0,0039	0,037
42	17.06.2000	<0,002	<0,0002	1,1	<0,002	0,013
43	23.06.2000	<0,002	0,00020	1,5	<0,002	0,016
44	29.06.2000	<0,002	0,00028	2,3	0,0022	0,023
45	05.07.2000	<0,002	<0,0002	1,2	<0,002	0,013
46	11.07.2000	<0,002	<0,0002	2,0	0,0020	0,019
47	17.07.2000	<0,002	<0,0002	1,0	<0,002	0,011
48	23.07.2000	<0,002	0,00028	2,0	0,0033	0,023
49	29.07.2000	<0,002	<0,0002	0,56	<0,002	0,0081
50	04.08.2000	<0,002	<0,0002	1,3	<0,002	0,014
51	10.08.2000	<0,002	0,00025	4,8	0,0084	0,031
52	16.08.2000	<0,002	0,00030	4,0	0,0055	0,026
53	22.08.2000	<0,002	0,00024	1,7	<0,002	0,013
54	28.08.2000	<0,002	0,00036	2,1	0,0028	0,029
55	03.09.2000	<0,002	<0,0002	0,47	<0,002	0,0061
56	09.09.2000	<0,002	0,00030	2,7	0,0045	0,030
57	15.09.2000	<0,002	0,00054	3,0	0,0057	0,043
58	21.09.2000	<0,002	0,0012	2,1	0,0030	0,049
59	27.09.2000	0,0035	0,00098	3,6	0,011	0,065
60	03.10.2000	<0,002	<0,0002	1,1	0,012	0,020
61	09.10.2000	<0,002	0,00052	1,4	0,0024	0,023
62	15.10.2000	0,0043	0,0011	2,2	0,0098	0,078
63	21.10.2000	0,0052	0,00097	2,0	0,0041	0,056
64	27.10.2000	<0,002	<0,0002	0,81	<0,002	0,013
65	02.11.2000	<0,002	0,00051	2,3	0,0077	0,041

	Probe-	TC	EC	OC	OM
	nahme Datum	[µg C/Nm ³]	[µg C/Nm ³]	[µg C/Nm ³]	[µg/Nm ³]
1	15.10.1999	16	11	5,4	7,6
2	21.10.1999	23	13	10	14
3	27.10.1999	14	8,5	5,7	8,0
4	02.11.1999	42	24	18	25
5	08.11.1999	13	10	2,6	3,6
6	14.11.1999	7,4	3,1	4,3	6,0
7	20.11.1999	15	7,5	7,5	11
8	26.11.1999	47	26	21	29
9	02.12.1999	9,2	4,3	4,8	6,7
10	08.12.1999	25	14	11	15
11	14.12.1999	35	19	16	22
12	20.12.1999	13	6,8	5,7	8,0
13	26.12.1999	24	11	13	18
14	01.01.2000	36	17	20	28
15	07.01.2000	36	18	18	25
16	13.01.2000	25	13	11	15
17					
18	25.01.2000	21	11	9,8	14
19	31.01.2000	6,2	2,5	3,7	5,2
20	06.02.2000	28	17	11	15
21	12.02.2000	22	11	11	15
22	18.02.2000	19	11	8,0	11
23					
24	01.03.2000	34	20	14	20
25	07.03.2000	14	6,7	7,6	11
26	13.03.2000	26	14	12	17
27	19.03.2000	7,3	3,3	4,0	5,6
28	25.03.2000	35	15	20	28
29	31.03.2000	11	5,1	5,4	7,6
30	06.04.2000	7,4	4,5	2,8	3,9
31	12.04.2000	14	8,5	5,2	7,3
32	18.04.2000	11	7,4	4,0	5,6
33	24.04.2000	7,0	3,8	3,2	4,5
34	30.04.2000	15	9,3	5,4	7,6
35	06.05.2000	17	9,7	7,3	10
36	12.05.2000	20	12	8,7	12
37	18.05.2000	13	9,1	4,0	5,6
38	24.05.2000	26	18	7,5	11
39	30.05.2000	13	8,3	4,8	6,7
40	05.06.2000	32	22	9,7	14
41	11.06.2000	11	6,0	5,2	7,3
42	17.06.2000	6,2	3,3	2,9	4,1
43	23.06.2000	9,0	4,7	4,3	6,0
44	29.06.2000	15	9,5	5,3	7,4
45	05.07.2000	9,8	5,9	3,8	5,3
46	11.07.2000	18	11	7,2	10
47	17.07.2000	6,6	4,0	2,6	3,6
48	23.07.2000	14	7,7	6,1	8,5
49	29.07.2000	4,2	2,3	1,9	2,7
50	04.08.2000	11	7,4	4,0	5,6
51	10.08.2000	23	17	5,8	8,1
52	16.08.2000	20	14	5,8	8,1
53	22.08.2000	8,6	5,1	3,5	4,9
54	28.08.2000	14	8,1	6,1	8,5
55	03.09.2000	2,7	2,0	<1,2	<1,7
56	09.09.2000	15	11	4,1	5,7
57	15.09.2000	21	15	5,8	8,1
58	21.09.2000	17	13	4,5	6,3
59	27.09.2000	30	21	8,1	11
60	03.10.2000	14	9,7	4,5	6,3
61	09.10.2000	17	12	5,0	7,0
62	15.10.2000	21	14	7,2	10
63	21.10.2000	14	8,4	5,9	8,3
64	27.10.2000	8,2	4,9	3,3	4,6
65	02.11.2000	25	16	9,0	13

	Probe-	Chlorid	Nitrat - N	Sulfat - S	NH ₄ - N
	nahme Datum	[µg/Nm ³]	[µg/Nm ³]	[µg/Nm ³]	[µg/Nm ³]
1	15.10.1999	0,074	0,45	0,63	0,52
2	21.10.1999	0,20	1,3	3,0	2,3
3	27.10.1999	0,091	0,43	0,94	1,0
4	02.11.1999	0,75	2,6	2,8	3,7
5	08.11.1999	0,16	0,79	0,83	1,2
6	14.11.1999	0,069	1,2	1,2	2,9
7	20.11.1999	0,91	2,0	1,2	3,9
8	26.11.1999	1,5	3,2	2,4	2,8
9	02.12.1999	0,73	0,29	0,42	0,35
10	08.12.1999	0,82	0,54	0,67	0,82
11	14.12.1999	0,48	0,64	0,63	0,58
12	20.12.1999	1,9	1,0	0,77	1,0
13	26.12.1999	2,3	1,4	4,8	5,8
14	01.01.2000	6,8	4,5	7,5	5,7
15	07.01.2000	1,2	5,1	5,1	9,8
16	13.01.2000	1,9	2,3	5,5	4,4
17					
18	25.01.2000	3,3	2,2	1,5	2,0
19	31.01.2000	0,27	0,16	0,28	0,24
20	06.02.2000	1,2	1,1	0,71	0,40
21	12.02.2000	0,74	1,8	1,4	0,87
22	18.02.2000	0,19	2,2	1,1	1,1
23					
24	01.03.2000	0,44	1,7	1,8	0,88
25	07.03.2000	0,19	1,1	0,58	0,49
26	13.03.2000	0,24	1,7	2,5	1,6
27	19.03.2000	0,055	0,45	1,2	1,1
28	25.03.2000	0,91	6,4	4,3	7,3
29	31.03.2000	0,065	0,53	0,46	0,58
30	06.04.2000	0,076	0,53	0,81	0,51
31	12.04.2000	0,097	0,30	0,69	0,28
32	18.04.2000	0,047	1,3	1,4	1,4
33	24.04.2000	0,059	0,27	1,3	0,72
34	30.04.2000	0,061	0,35	2,3	1,4
35	06.05.2000	0,053	0,30	1,9	1,2
36	12.05.2000	0,044	0,39	2,8	1,6
37	18.05.2000	0,029	0,19	0,65	0,36
38	24.05.2000	<0,006	0,46	1,5	1,1
39	30.05.2000	0,047	0,31	0,57	0,39
40	05.06.2000	0,045	0,15	2,5	1,9
41	11.06.2000	0,046	0,11	2,7	2,1
42	17.06.2000	0,31	0,36	0,71	0,33
43	23.06.2000	0,035	0,11	1,2	0,71
44	29.06.2000	0,031	0,36	1,2	0,77
45	05.07.2000	0,020	0,12	0,47	0,27
46	11.07.2000	0,037	0,18	0,32	0,17
47	17.07.2000	0,011	0,10	0,68	0,45
48	23.07.2000	0,021	0,15	1,8	1,2
49	29.07.2000	0,014	0,064	1,1	0,80
50	04.08.2000	0,011	0,21	0,72	0,41
51	10.08.2000	0,026	0,33	1,3	0,83
52	16.08.2000	0,020	0,14	1,5	1,2
53	22.08.2000	0,050	0,068	0,42	0,26
54	28.08.2000	0,028	0,25	1,3	0,74
55	03.09.2000	0,014	0,095	0,60	0,42
56	09.09.2000	0,031	0,42	1,2	1,0
57	15.09.2000	0,045	1,2	2,8	2,3
58	21.09.2000	0,14	0,86	2,3	1,3
59	27.09.2000	0,13	1,3	3,4	2,4
60	03.10.2000	0,037	0,19	0,54	0,38
61	09.10.2000	0,10	0,60	0,96	0,93
62	15.10.2000	0,12	1,0	4,4	3,8
63	21.10.2000	0,13	0,71	2,1	1,4
64	27.10.2000	0,14	0,61	0,79	0,82
65	02.11.2000	0,42	0,69	1,5	0,46

	Probe- nahme	Na	K	Mg	Ca	Konz.
	Datum	[$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1	15.10.1999	0,18	0,084	0,086	0,47	33
2	21.10.1999	0,15	0,41	0,25	1,7	68
3	27.10.1999	0,35	0,11	0,099	0,52	32
4	02.11.1999	0,41	0,72	0,24	1,1	98
5	08.11.1999	0,096	0,11	0,057	0,29	28
6	14.11.1999	0,075	0,21	0,031	0,19	24
7	20.11.1999	1,1	0,29	0,13	0,79	47
8	26.11.1999	0,97	0,67	0,35	4,4	120
9	02.12.1999	1,2	0,091	0,083	1,2	28
10	08.12.1999	0,49	0,32	0,089	1,3	53
11	14.12.1999	0,29	0,23	0,090	1,1	140
12	20.12.1999	1,6	0,12	0,12	1,0	34
13	26.12.1999	1,7	0,71	0,067	0,45	71
14	01.01.2000	1,4	18	1,5	0,48	150
15	07.01.2000	0,54	0,93	0,083	0,26	110
16	13.01.2000	1,5	0,63	0,21	1,4	78
17						
18	25.01.2000	2,4	0,32	0,25	1,5	60
19	31.01.2000	0,25	0,050	0,056	1,1	21
20	06.02.2000	0,63	0,30	0,15	3,6	110
21	12.02.2000	0,97	0,33	0,31	2,7	64
22	18.02.2000	0,33	0,21	0,25	2,5	64
23						
24	01.03.2000	0,36	0,34	0,33	3,5	94
25	07.03.2000	0,29	0,17	0,13	2,0	48
26	13.03.2000	0,16	0,34	0,38	3,1	85
27	19.03.2000	0,18	0,11	0,083	0,39	28
28	25.03.2000	0,31	0,72	0,31	1,7	130
29	31.03.2000	0,056	0,086	0,071	0,85	28
30	06.04.2000	0,21	0,066	0,15	0,87	30
31	12.04.2000	0,12	0,091	0,11	1,9	46
32	18.04.2000	0,13	0,13	0,22	1,3	43
33	24.04.2000	0,12	0,18	0,16	1,4	38
34	30.04.2000	0,089	0,19	0,20	1,5	54
35	06.05.2000	0,099	0,19	0,13	1,8	57
36	12.05.2000	0,21	0,24	0,24	2,2	68
37	18.05.2000	0,063	0,078	0,12	1,1	33
38	24.05.2000	0,084	0,12	0,12	1,8	61
39	30.05.2000	0,23	0,088	0,12	0,96	32
40	05.06.2000	0,079	0,17	0,12	1,8	76
41	11.06.2000	0,091	0,19	0,13	1,2	45
42	17.06.2000	0,85	0,092	0,16	0,65	26
43	23.06.2000	0,13	0,096	0,11	0,72	29
44	29.06.2000	0,39	0,081	0,16	0,95	38
45	05.07.2000	0,13	0,068	0,087	0,79	22
46	11.07.2000	0,069	0,061	0,096	0,83	30
47	17.07.2000	0,085	0,063	0,072	0,43	16
48	23.07.2000	0,098	0,11	0,096	0,58	32
49	29.07.2000	0,042	0,014	0,033	0,24	12
50	04.08.2000	0,076	0,092	0,061	0,95	29
51	10.08.2000	0,072	0,13	0,10	2,0	55
52	16.08.2000	0,11	0,19	0,14	0,87	50
53	22.08.2000	0,079	0,070	0,047	0,85	32
54	28.08.2000	0,14	0,12	0,12	1,3	39
55	03.09.2000	0,14	<0,007	0,046	0,34	10
56	09.09.2000	0,11	0,11	0,13	0,85	39
57	15.09.2000	0,16	0,22	0,28	2,0	66
58	21.09.2000	0,13	0,26	0,18	2,0	55
59	27.09.2000	0,18	0,54	0,41	3,4	89
60	03.10.2000	0,043	0,064	0,056	0,42	26
61	09.10.2000	0,059	0,16	0,10	0,70	37
62	15.10.2000	0,26	0,46	0,16	1,1	70
63	21.10.2000	0,12	0,36	0,21	1,5	49
64	27.10.2000	0,33	0,079	0,10	0,44	22
65	02.11.2000	0,16	0,22	0,12	2,9	62

4.4 Ergebnisse von der Spittelauer Lände – PM 2,5

	Probe- nahme	As	Cd	Fe	Ni	Pb
	Datum	[µg/Nm ³]				
1	15.10.1999	<0,002	0,00027	1,0	0,0057	0,028
2	21.10.1999	0,0023	0,0011	1,2	0,0085	0,058
3	27.10.1999	<0,002	0,00020	0,49	0,0026	0,019
4	02.11.1999	<0,002	0,00073	0,92	0,0051	0,056
5	08.11.1999	<0,002	0,00028	0,39	<0,002	0,025
6	14.11.1999	<0,002	0,00033	0,17	<0,002	0,014
7	20.11.1999	0,0022	0,00052	0,38	<0,002	0,030
8	26.11.1999	0,0029	0,0011	1,3	0,0075	0,077
9	02.12.1999	<0,002	<0,0002	0,46	<0,002	0,015
10	08.12.1999	<0,002	0,00064	0,77	0,0033	0,044
11	14.12.1999	<0,002	0,00061	1,0	0,0079	0,046
12	20.12.1999	<0,002	0,00053	0,29	0,0073	0,021
13	26.12.1999	0,0030	0,00077	0,14	0,0065	0,044
14	01.01.2000	0,0029	0,0013	0,33	0,011	0,33
15	07.01.2000	0,0067	0,0011	0,31	0,014	0,054
16	13.01.2000	0,0030	0,0010	0,31	0,0049	0,049
17						
18	25.01.2000	<0,002	0,00046	0,34	0,0027	0,029
19	31.01.2000	<0,002	<0,0002	0,18	<0,002	0,0052
20	06.02.2000	<0,002	0,00057	1,2	0,0050	0,052
21	12.02.2000	0,0032	0,00040	0,51	0,0025	0,031
22	18.02.2000	<0,002	0,00024	0,63	<0,002	0,022
23	24.02.2000	<0,002	0,00030	0,56	0,0027	0,027
24	01.03.2000	<0,002	0,00050	1,0	0,0058	0,048
25	07.03.2000	<0,002	0,00024	0,68	<0,002	0,021
26	13.03.2000	0,0021	0,00058	0,88	0,0033	0,050
27	19.03.2000	<0,002	0,00026	0,18	<0,002	0,016
28	25.03.2000	0,0035	0,0024	0,60	0,013	0,080
29	31.03.2000	<0,002	<0,0002	0,33	<0,002	0,017
30	06.04.2000	<0,002	<0,0002	0,38	<0,002	0,016
31	12.04.2000	<0,002	<0,0002	0,70	<0,002	0,027
32	18.04.2000	<0,002	<0,0002	0,46	<0,002	0,021
33	24.04.2000	<0,002	0,00038	0,35	<0,002	0,018
34	30.04.2000	<0,002	0,00071	0,78	0,0022	0,047
35	06.05.2000	0,0020	0,00045	0,72	<0,002	0,042
36	12.05.2000	<0,002	0,00066	0,82	0,0052	0,016
37	18.05.2000	<0,002	<0,0002	0,36	<0,002	0,016
38	24.05.2000	<0,002	0,00032	0,78	0,0023	0,038
39	30.05.2000	<0,002	<0,0002	0,39	<0,002	0,022
40	05.06.2000	<0,002	0,00022	0,84	<0,002	0,040
41	11.06.2000	<0,002	0,00051	0,66	<0,002	0,034
42	17.06.2000	<0,002	<0,0002	0,26	<0,002	0,0079
43	23.06.2000	<0,002	<0,0002	0,36	<0,002	0,011
44	29.06.2000	<0,002	0,00024	0,48	<0,002	0,014
45	05.07.2000	<0,002	<0,0002	0,30	<0,002	0,0089
46	11.07.2000	<0,002	<0,0002	0,36	<0,002	0,010
47	17.07.2000	<0,002	<0,0002	0,22	<0,002	0,0069
48	23.07.2000	<0,002	0,00025	0,46	<0,002	0,016
49	29.07.2000	<0,002	<0,0002	0,18	<0,002	0,0063
50	04.08.2000	<0,002	<0,0002	0,28	<0,002	0,0082
51	10.08.2000	<0,002	<0,0002	0,90	<0,002	0,014
52	16.08.2000	<0,002	0,00025	0,76	<0,002	0,013
53	22.08.2000	<0,002	<0,0002	0,55	<0,002	0,0070
54	28.08.2000	<0,002	0,00027	0,46	<0,002	0,017
55	03.09.2000	<0,002	<0,0002	0,11	<0,002	0,0035
56	09.09.2000	<0,002	0,00023	0,58	<0,002	0,017
57	15.09.2000	<0,002	0,00042	0,71	<0,002	0,026
58	21.09.2000	<0,002	0,00095	1,3	0,0034	0,034
59	27.09.2000	0,0020	0,00075	0,87	0,0022	0,041
60	03.10.2000	<0,002	<0,0002	0,20	<0,002	0,013
61	09.10.2000	<0,002	0,00040	0,32	<0,002	0,014
62	15.10.2000	0,0030	0,00093	0,46	0,0023	0,054
63	21.10.2000	0,0034	0,00077	0,51	<0,002	0,035
64	27.10.2000	<0,002	<0,0002	0,19	<0,002	0,0085
65	02.11.2000	<0,002	0,00043	0,61	0,0032	0,027

	Probe- nahme	TC	EC	OC	OM
	Datum	[µg C/Nm ³]	[µg C/Nm ³]	[µg C/Nm ³]	[µg/Nm ³]
1	15.10.1999	16	11	4,9	6,9
2	21.10.1999	22	12	9,8	14
3	27.10.1999	13	8,0	4,8	6,7
4	02.11.1999	34	20	13	18
5	08.11.1999	12	8,2	3,6	5,0
6	14.11.1999	6,9	3,2	3,7	5,2
7	20.11.1999	14	7,2	6,9	9,7
8	26.11.1999	40	23	17	24
9	02.12.1999	8,5	4,4	4,1	5,7
10	08.12.1999	21	12	8,8	12
11	14.12.1999	27	17	10	14
12	20.12.1999	11	5,9	5,1	7,1
13	26.12.1999	22	9,6	12	17
14	01.01.2000	34	15	19	27
15	07.01.2000	33	16	17	24
16	13.01.2000	21	11	11	15
17					
18	25.01.2000	17	9,1	7,7	11
19	31.01.2000	4,3	1,9	2,4	3,4
20	06.02.2000	21	12	8,1	11
21	12.02.2000	16	8,9	7,4	10
22	18.02.2000	13	7,5	5,1	7,1
23	24.02.2000	16	9,4	6,4	9,0
24	01.03.2000	28	17	11	15
25	07.03.2000	12	6,0	6,0	8,4
26	13.03.2000	22	12	10	14
27	19.03.2000	7,3	2,6	4,8	6,7
28	25.03.2000	29	12	16	22
29	31.03.2000	8,9	4,3	4,7	6,6
30	06.04.2000	5,7	3,8	1,9	2,7
31	12.04.2000	12	8,2	4,0	5,6
32	18.04.2000	8,9	6,3	2,6	3,6
33	24.04.2000	5,9	2,8	3,0	4,2
34	30.04.2000	13	7,5	5,3	7,4
35	06.05.2000	13	7,7	5,2	7,3
36	12.05.2000	15	10	4,9	6,9
37	18.05.2000	10	7,4	3,0	4,2
38	24.05.2000	21	15	6,3	8,8
39	30.05.2000	10	7,3	3,0	4,2
40	05.06.2000	27	16	11	15
41	11.06.2000	9,7	5,5	4,2	5,9
42	17.06.2000	4,6	2,4	2,2	3,1
43	23.06.2000	7,3	4,0	3,4	4,8
44	29.06.2000	13	8,1	4,4	6,2
45	05.07.2000	8,2	5,2	3,1	4,3
46	11.07.2000	15	10	4,4	6,2
47	17.07.2000	5,4	3,3	2,1	2,9
48	23.07.2000	11	6,5	4,7	6,6
49	29.07.2000	3,4	1,7	1,7	2,4
50	04.08.2000	8,2	6,7	1,5	2,1
51	10.08.2000	18	13	5,0	7,0
52	16.08.2000	18	12	6,0	8,4
53	22.08.2000	7,6	5,0	2,6	3,6
54	28.08.2000	13	9,3	3,7	5,2
55	03.09.2000	2,1	1,4	<1,2	<1,7
56	09.09.2000	11	8,8	2,0	2,8
57	15.09.2000	16	13	3,2	4,5
58	21.09.2000	17	11	5,7	8,0
59	27.09.2000	25	18	6,5	9,1
60	03.10.2000	12	9,2	2,6	3,6
61	09.10.2000	15	11	3,4	4,8
62	15.10.2000	17	11	6,0	8,4
63	21.10.2000	12	6,9	4,8	6,7
64	27.10.2000	6,7	4,5	2,2	3,1
65	02.11.2000	21	14	6,4	9,0

	Probe- nahme	Chlorid	Nitrat - N	Sulfat - S	NH ₄ - N
	Datum	[µg/Nm ³]	[µg/Nm ³]	[µg/Nm ³]	[µg/Nm ³]
1	15.10.1999	0,074	0,40	0,63	0,55
2	21.10.1999	0,15	1,2	2,6	2,1
3	27.10.1999	0,065	0,57	0,87	0,96
4	02.11.1999	0,47	1,9	2,3	3,4
5	08.11.1999	0,12	0,73	0,82	1,3
6	14.11.1999	0,048	1,2	1,3	2,4
7	20.11.1999	0,43	1,7	0,98	3,5
8	26.11.1999	0,69	2,9	1,9	4,3
9	02.12.1999	0,46	0,31	0,43	0,39
10	08.12.1999	0,38	0,45	0,53	0,97
11	14.12.1999	0,21	0,50	0,49	0,78
12	20.12.1999	0,31	0,70	0,60	1,2
13	26.12.1999	0,36	1,2	4,1	5,1
14	01.01.2000	4,5	4,2	6,1	5,5
15	07.01.2000	0,70	4,6	4,5	8,8
16	13.01.2000	1,1	2,0	4,4	4,0
17					
18	25.01.2000	1,1	2,1	1,4	2,0
19	31.01.2000	0,49	0,15	0,30	0,31
20	06.02.2000	0,42	0,55	0,38	0,49
21	12.02.2000	0,26	1,4	1,2	1,4
22	18.02.2000	0,088	1,1	0,75	0,85
23	24.02.2000	0,020	1,9	0,97	1,7
24	01.03.2000	0,12	1,2	1,4	1,2
25	07.03.2000	0,063	0,86	0,47	0,67
26	13.03.2000	0,13	1,4	2,2	2,4
27	19.03.2000	0,023	0,34	1,0	1,2
28	25.03.2000	0,87	5,2	3,7	6,2
29	31.03.2000	0,021	0,46	0,40	0,78
30	06.04.2000	0,017	0,42	0,79	0,69
31	12.04.2000	0,047	0,26	0,59	0,38
32	18.04.2000	0,028	0,91	1,2	1,5
33	24.04.2000	0,042	0,13	1,1	0,82
34	30.04.2000	0,037	0,17	2,2	1,7
35	06.05.2000	0,023	0,11	1,6	1,4
36	12.05.2000	0,026	0,12	2,4	2,0
37	18.05.2000	<0,006	0,090	0,56	0,41
38	24.05.2000	0,022	0,18	1,2	1,1
39	30.05.2000	0,025	0,12	0,50	0,42
40	05.06.2000	0,021	0,057	2,4	1,7
41	11.06.2000	0,026	0,037	2,6	2,2
42	17.06.2000	0,010	0,067	0,64	0,45
43	23.06.2000	0,015	0,047	1,0	0,79
44	29.06.2000	0,011	0,074	1,1	0,89
45	05.07.2000	0,0088	0,052	0,43	0,31
46	11.07.2000	0,0067	0,089	0,25	0,22
47	17.07.2000	0,028	0,064	0,60	0,48
48	23.07.2000	0,016	0,074	1,6	1,6
49	29.07.2000	0,019	0,029	0,96	0,81
50	04.08.2000	<0,006	0,085	0,71	0,54
51	10.08.2000	0,011	0,096	0,96	0,79
52	16.08.2000	0,028	0,058	1,3	1,2
53	22.08.2000	0,048	0,050	0,38	0,30
54	28.08.2000	0,019	0,11	1,1	0,80
55	03.09.2000	0,0096	0,048	0,58	0,47
56	09.09.2000	0,013	0,27	1,2	1,2
57	15.09.2000	0,024	0,79	2,5	2,6
58	21.09.2000	0,095	0,65	1,8	1,7
59	27.09.2000	0,078	1,1	3,2	2,7
60	03.10.2000	0,018	0,13	0,42	0,39
61	09.10.2000	0,045	0,49	0,65	0,84
62	15.10.2000	0,065	0,72	4,3	4,0
63	21.10.2000	0,075	0,53	1,9	1,5
64	27.10.2000	0,069	0,36	0,68	0,80
65	02.11.2000	0,30	0,57	1,2	0,90

	Probe- nahme	Na	K	Mg	Ca	Konz.
	Datum	[µg/Nm ³]	[µg/Nm ³]	[µg/Nm ³]	[µg/Nm ³]	[µg/m ³]
1	15.10.1999	0,055	0,056	0,042	0,22	26
2	21.10.1999	0,15	0,35	0,20	1,5	69
3	27.10.1999	0,090	0,091	0,060	0,32	26
4	02.11.1999	0,16	0,59	0,14	0,58	77
5	08.11.1999	0,058	0,099	0,026	0,12	23
6	14.11.1999	0,037	0,16	0,016	0,096	21
7	20.11.1999	0,38	0,23	0,050	0,31	39
8	26.11.1999	0,31	0,69	0,29	1,6	86
9	02.12.1999	0,47	0,084	0,061	0,56	21
10	08.12.1999	0,22	0,30	0,063	0,69	38
11	14.12.1999	0,10	0,19	0,066	0,43	43
12	20.12.1999	0,35	0,095	0,051	0,38	24
13	26.12.1999	0,21	0,60	0,016	0,089	58
14	01.01.2000	0,33	13	1,0	0,095	120
15	07.01.2000	0,18	0,95	0,018	0,058	95
16	13.01.2000	0,17	0,98	0,028	0,18	63
17						
18	25.01.2000	1,0	0,28	0,15	0,68	47
19	31.01.2000	0,38	0,061	0,050	0,64	14
20	06.02.2000	0,25	0,24	0,10	1,1	48
21	12.02.2000	0,30	0,26	0,15	0,81	40
22	18.02.2000	0,16	0,11	0,093	1,4	39
23	24.02.2000	0,13	0,19	0,14	1,2	47
24	01.03.2000	0,14	0,25	0,27	1,6	68
25	07.03.2000	0,11	0,16	0,12	1,1	37
26	13.03.2000	0,096	0,34	0,27	1,9	67
27	19.03.2000	0,061	0,092	0,043	0,22	23
28	25.03.2000	0,16	0,60	0,11	0,58	98
29	31.03.2000	0,030	0,081	0,030	0,24	21
30	06.04.2000	0,075	0,050	0,062	0,34	21
31	12.04.2000	0,059	0,075	0,11	0,98	32
32	18.04.2000	0,046	0,088	0,058	0,33	29
33	24.04.2000	0,057	0,14	0,10	0,57	28
34	30.04.2000	0,056	0,17	0,066	0,40	36
35	06.05.2000	0,060	0,014	0,094	0,60	36
36	12.05.2000	0,095	0,15	0,090	0,53	44
37	18.05.2000	0,029	0,045	0,064	0,39	24
38	24.05.2000	0,042	0,078	0,083	0,64	40
39	30.05.2000	0,060	0,053	0,065	0,35	20
40	05.06.2000	0,050	0,098	0,14	0,82	51
41	11.06.2000	0,059	0,14	0,087	0,49	34
42	17.06.2000	0,18	0,049	0,056	0,31	13
43	23.06.2000	0,060	0,067	0,077	0,37	19
44	29.06.2000	0,081	0,057	0,059	0,30	25
45	05.07.2000	0,050	0,050	0,045	0,26	14
46	11.07.2000	0,025	0,041	0,031	0,18	20
47	17.07.2000	0,058	0,045	0,026	0,13	11
48	23.07.2000	0,053	0,075	0,028	0,14	24
49	29.07.2000	0,043	0,047	0,016	0,091	9,9
50	04.08.2000	0,039	0,067	0,036	0,27	19
51	10.08.2000	0,038	0,072	0,057	0,48	34
52	16.08.2000	0,060	0,16	0,065	0,36	37
53	22.08.2000	0,076	0,064	0,032	0,63	25
54	28.08.2000	0,044	0,11	0,050	0,47	26
55	03.09.2000	0,069	0,042	0,034	0,14	7,7
56	09.09.2000	0,053	0,098	0,047	0,25	28
57	15.09.2000	0,072	0,21	0,096	0,57	46
58	21.09.2000	0,093	0,19	0,087	0,71	40
59	27.09.2000	0,061	0,27	0,18	1,8	68
60	03.10.2000	0,020	0,0080	0,031	0,18	20
61	09.10.2000	0,028	0,013	0,048	0,28	26
62	15.10.2000	0,11	0,35	0,035	0,19	52
63	21.10.2000	0,074	0,31	0,086	0,53	33
64	27.10.2000	0,11	0,013	0,039	0,16	16
65	02.11.2000	0,076	0,18	0,087	1,3	42

5 LITERATURHINWEISE

Künzli N, R Kaiser, S Medina, M Studnicka, O Chanel, P Filliger, M Herry, F Horak Jr, V Puybonnieux-Texier, P Qu  nel, J Schneider, R Seethaler, J-C Vergnaud, H Sommer (2000). Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795–801.

Robert Gehrig R, Pham T. und P. Hofer (2000). Messungen von Russ (EC) und partikelgebundenem organischem Kohlenstoff (OC) an NABEL-Stationen 1998 und 1999. EMPA Nr. 200'053. Dübendorf.

Spangl W. und Schneider J. (2001). Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2000. Umweltbundesamt, Wien.

Trimbacher C., Frank E.: Russ- und Schwermetallimmission im Bereich einer Autobahn. (1998), BE-113, Wien.

UBA (1998): 5. Umweltkontrollbericht. Umweltbundesamt Wien.

UBA (2001): 6. Umweltkontrollbericht. Umweltbundesamt Wien.

UBA (2002): Emissionsinventur 1980 – 2000. In Vorbereitung.

6 GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN

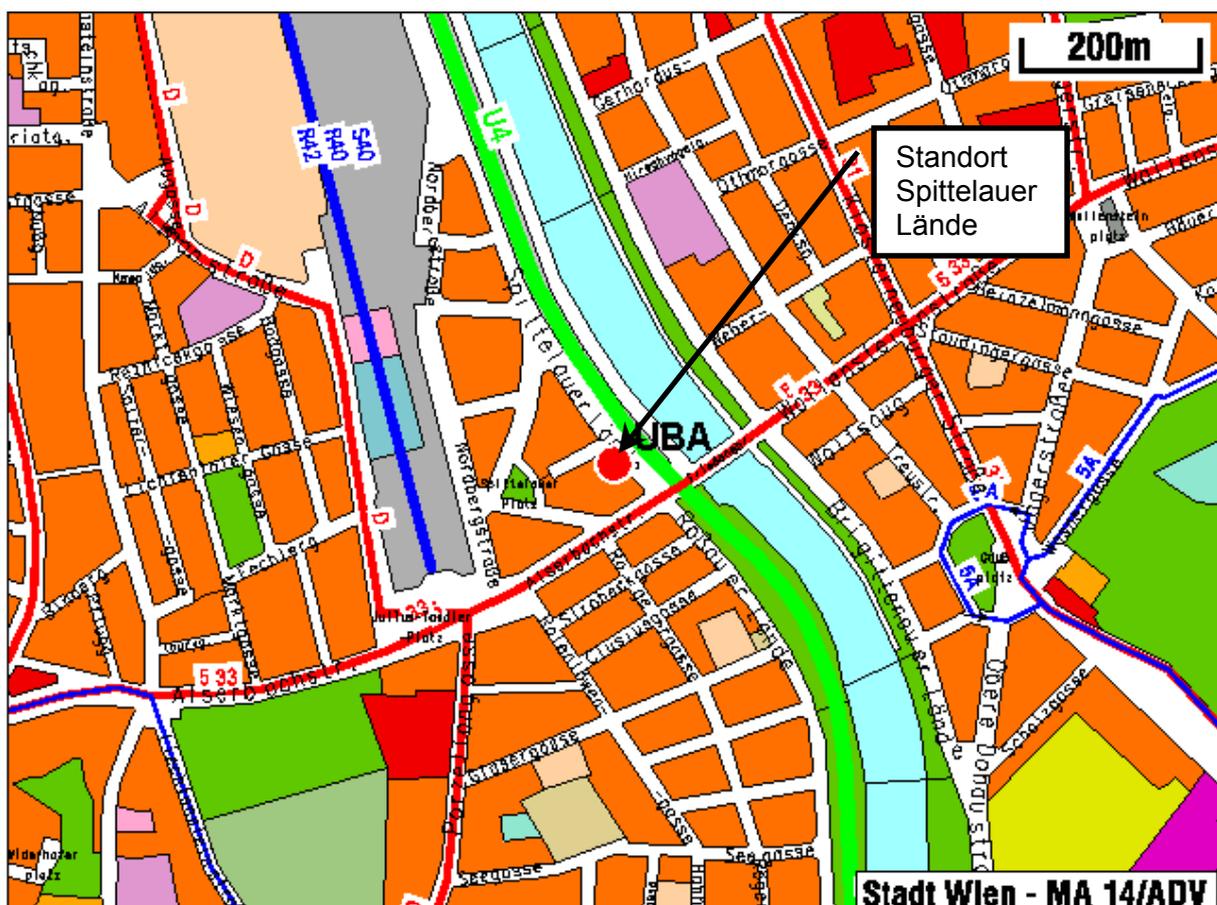
BG:	Bestimmungsgrenze
EC:	Elementarer Kohlenstoff
OC:	Organischer Kohlenstoff; wird durch Subtraktion des Gesamtkohlenstoffs und des elementaren Kohlenstoffs erhalten
TC:	Gesamtkohlenstoff (Total carbon)
OM:	Organisches Material; Rechengröße, die durch Multiplikation von OC mit 1,4 zur Berücksichtigung der Heteroelemente erhalten wird.
PM 10:	Die Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist.
PM 2,5	Die Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist.
TSP:	Gesamtschwebstaub

ANNEX

Beschreibung der Messstellen

Stationsbeschreibung Spittelauer Lände

Anschrift der Station:	1090 Wien, Spittelauer Lände 5 Umweltbundesamt
Seehöhe (m)	160
Länge:	16°21'30"
Breite	48°13'41"
Topographie:	Ebene
Siedlungsstruktur:	Großstadt, dicht bebautes Gebiet
Lokale Umgebung:	Stark befahrene Strassen, geschlossen verbautes Wohngebiet
Unmittelbare Umgebung:	Stark befahrene Strasse, einseitig verbaut Park, U-Bahn und Donaukanal an der anderen Strassenseite



Stationsbeschreibung Illmitz

Anschrift der Station:	7142 Illmitz Biologische Station Illmitz
Seehöhe (m)	117
Länge:	16°45'56"
Breite	47°46'10"
Topographie:	Ebene
Siedlungsstruktur:	Unbesiedeltes Gebiet
Lokale Umgebung:	Seeufer, Wald, Wiese Landwirtschaftliche Nutzfläche
Unmittelbare Umgebung:	Wiese, Feld, Bäume



Probenahme, Transport und Lagerung

Geräte: High Volume Sampler DHA 80 mit PM 10 bzw. PM 2,5 Kopf Fa. DIGITEL

Filter: bindemittelfreie Quarzfaserfilter, Außendurchmesser 150 mm,
Dicke 0,6 mm (Tissuequarz 2500 QAT-UP der Firma PALL Austria)

Im Zeitraum von September 1999 bis Oktober 2000 wurden an zwei Messstellen (Wien - Spittelauer Lände und Illmitz - Hintergrundmessstelle des UBA) jeden 6. Tag Tagesproben gesammelt.

Pro Standort wurde die Beprobung mit je einem PM 10 bzw. PM 2,5 Kopf durchgeführt. Die Beprobung erfolgte deshalb jeden 6. Tag, um während des Beprobungszeitraumes alle Kalendertage mit gleicher Gewichtung zu erfassen. Die besaugten Filter wurden mit einer Transportbox staubdicht ins Labor gebracht und bei Raumtemperatur gelagert.

Analysen

Alle Konzentrationsangaben beziehen sich auf 20°C und 1013 hPa.

Gravimetrische Massenbestimmung gemäß EN 12341

Gerät: Analysenwaage MC210 P (Auflösung 10 µg) Fa. Sartorius

Die Filter werden zunächst bei 700 - 800° C über Nacht im Muffelofen geglüht, um Reste organischer Verbindungen zu entfernen.

Die geglühten Quarzfaserfilter werden vor Einsatz zunächst unter definierten Bedingungen (Lufttemperatur $20 \pm 1^\circ\text{C}$, Luftfeuchtigkeit $50 \pm 5\%$, über 48 Stunden konditioniert) gewogen und anschließend mittels Transportbehälter staubdicht zu den Probenahmegeräten gebracht. Nach erfolgter Probenahme werden die beladenen Filter in gleicher Weise ins Labor gebracht und bei Raumtemperatur gelagert. Hier wird wieder eine Wägung unter definierten Bedingungen durchgeführt (Lufttemperatur $20 \pm 1^\circ\text{C}$, Luftfeuchtigkeit $50 \pm 5\%$, über 48 Stunden konditioniert). Die Massedifferenz zwischen leeren und beladenen Filter ergibt die Staubmasse. Unter Berücksichtigung des durchgesaugten Volumens kann so die Staubkonzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ errechnet werden.

Probenverteilung

Nach erfolgter Massenbestimmung werden aus jedem Filter mit Hilfe eines Stanzgerätes (Stubai Austria 40) sieben gleich große Teile mit einem Durchmesser von 40 mm ausgestanzt und hernach für die Analyse der geforderten Parameter aufgeteilt.

Bestimmung der Schwermetallgehalte

Geräte: Mikrowellen Druckaufschluss: Multiwave Fa. Anton Paar

GFAAS: SIMAA 6000 Fa. Perkin Elmer

ICP: Optima 3000 DV Fa. Perkin Elmer

Die Filter wurden mittels mikrowellenunterstütztem Druckaufschluss mit einer Salpetersäure/Salzsäuremischung aufgeschlossen.

Die Messung der Blei, Cadmium, Arsen und Nickel – Gehalte erfolgte mit GFAAS in Anlehnung an:

Pb – DIN 38406 TI. 6

Cd – DIN EN ISO 5961

As, Ni – VDI 2267 TI.1

Die Messung der Eisen-Gehalte erfolgte mit ICP-OES in Anlehnung an:

Fe – ÖNORM EN ISO 11885

Bestimmung des Gesamt- und elementaren Kohlenstoffs

Gerät Coulomat 702 Ströhlein

Verfahren: VDI 2465 Bl.1

Bei diesem Verfahren wird das besaugte Quarzfilter bei 650°C unter Sauerstoff verbrannt, die Verbrennungsgase gelangen über Silberwolle (Entfernung eventuell vorhandener Halogene) und Perhydrit (Entfernung von Schwefel) in eine alkalische Bariumperchloratlösung. Das entstandene CO₂ wird hier zu Bariumcarbonat umgesetzt. Die Ladungsmenge, die zur Wiederherstellung der Ausgangsalkalität der Absorptionslösung erforderlich ist, ist proportional zur Menge des Gesamtkohlenstoffs.

Bestimmung des Gesamtkohlenstoffes:

Das Filter wird zunächst halbiert. Eine Filterhälfte wird direkt unter Sauerstoffstrom bei 650°C verbrannt und das entstandene Kohlendioxid coulometrisch detektiert. Die dabei gemessene Ladungsmenge entspricht der Menge an Gesamtkohlenstoff pro Filterhälfte und wird dann noch auf den Gehalt an µg TC/m³ Luft umgerechnet.

Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes:

Die verbliebene Filterhälfte wird mit einer Mischung aus Isopropanol und Toluol (1:1) 24 Stunden lang extrahiert, um organische Verbindungen zu lösen. Danach wird die extrahierte Filterhälfte für ca. 24 Stunden bei 40°C im Trockenschrank getrocknet. Nach Thermodesorption unter Stickstoff bei 500°C (Entfernung von Lösemittelresten und nicht extrahierbaren organischen Verbindungen) wird die so vorbehandelte Filterhälfte unter Sauerstoff bei 650°C verbrannt und das entstandene Kohlendioxid coulometrisch bestimmt. Die so gemessene Ladungsmenge entspricht der Menge an Gesamtkohlenstoff pro Filterhälfte und wird dann noch auf den Gehalt an $\mu\text{g TC}/\text{m}^3$ Luft umgerechnet.

Berechnung des organischen Kohlenstoffes

Der organische Kohlenstoff (OC) wird aus der Differenz von Gesamtkohlenstoff (TC) und elementarem Kohlenstoff (EC) berechnet.

Berechnung des organischen Materials

Die Berechnung des org. Materials erfolgt durch Multiplikation des organischen Kohlenstoffes zur Berücksichtigung der Heteroelemente mit dem Faktor 1,4.

Bestimmung von Chlorid Nitrat und Sulfat

Verfahren für Chlorid, Nitrat und Sulfat: ÖNORM EN ISO 10304-1

Gerät: Dionex Ionenchromatographiesystem

Probenvorbereitung:

Die exponierten Filter, wurden in Petrischalen übergeben und bis zur Elution gekühlt sowie lichtgeschützt gelagert. Zur Elution wurden die Filter in Kunststoffreagenzgläser eingebracht und mit Reinstwasser eluiert.

Analytik:

Die Ionen werden ionenchromatographisch mit Hilfe einer Trennsäule getrennt. Als stationäre Phase dient ein Anionentauscher. Als mobile Phase wird ein Karbonat/Bikarbonatpuffer verwendet. Die Suppression (Erniedrigung der Leitfähigkeit des Eluenten) erfolgt an einer Kationenaustauschmembran, an der die im Eluenten vorhandenen Kationen gegen Protonen ersetzt werden. Die Detektion erfolgt nach elektrochemischer Suppression mit einem Leitfähigkeitsdetektor.

Bestimmung von Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium, Ammonium

Verfahren : ÖNORM EN ISO 14911

Gerät und Probenvorbereitung: entspricht der Anionenbestimmung

Analytik:

Die Ionen werden ionenchromatographisch mit Hilfe einer Trennsäule getrennt. Als stationäre Phase dient ein Kationentauscher. Als mobile Phase wird eine 18 mM Schwefelsäure verwendet. Die Suppression (Erniedrigung der Leitfähigkeit des Eluenten) erfolgt an einer Austauschmembran, an der die im Eluenten vorhandenen Anionen gegen Hydroxidionen ersetzt werden. Die Detektion erfolgt nach chemischer Suppression mit einem Leitfähigkeitsdetektor.